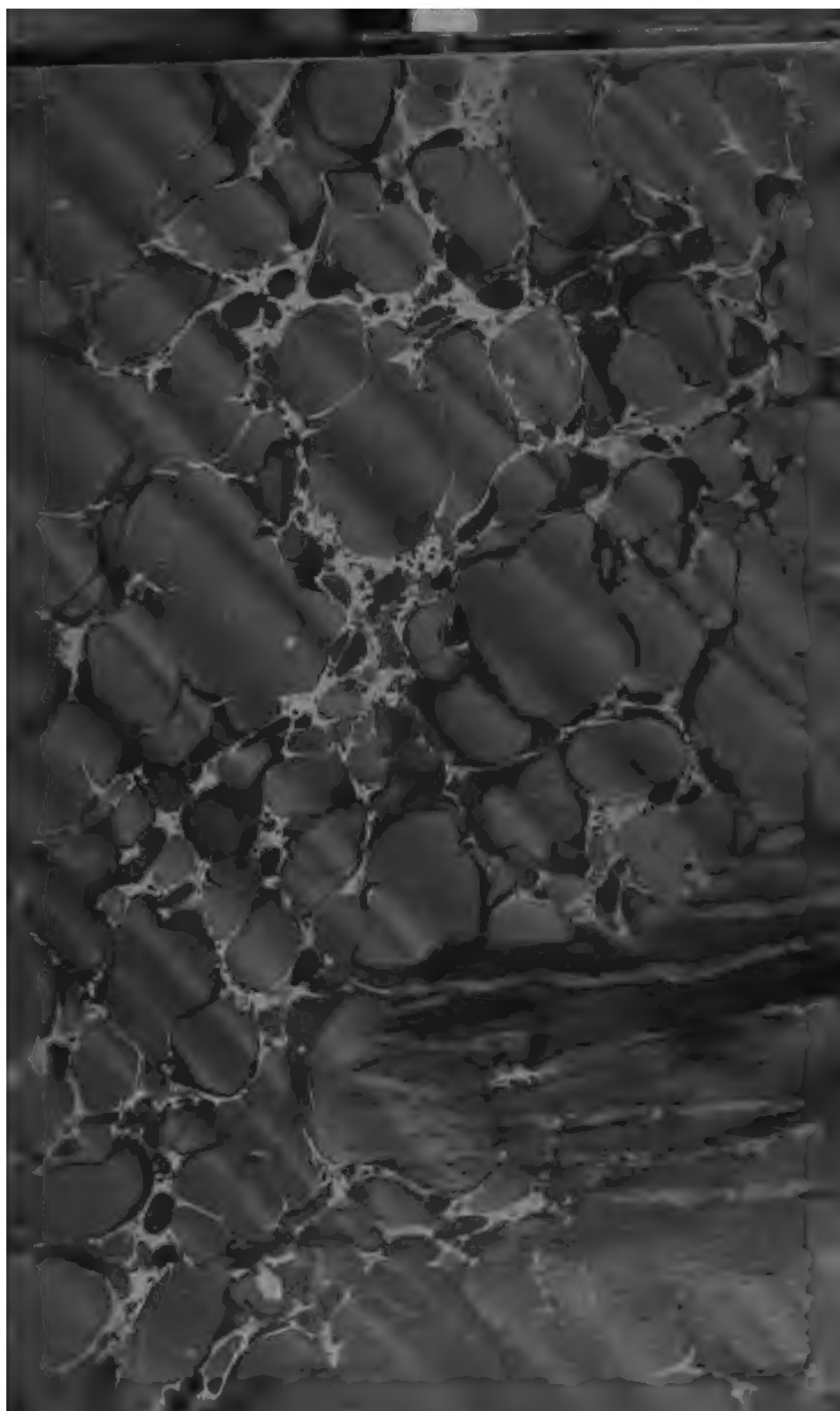








ANNALES

DES MINES

Les ANNALES DES MINES sont publiées sous les auspices de l'Administration des Mines et sous la direction d'une Commission spéciale, nommée par le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes. Cette Commission, dont font partie le directeur des routes, de la navigation et des mines et le directeur du personnel et de la comptabilité, est composée ainsi qu'il suit :

L'Administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des ANNALES DES MINES pour être envoyés soit, à titre de don, aux principaux établissements nationaux et étrangers consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit, à titre d'échange, aux rédacteurs des ouvrages périodiques, français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts.

Les lettres et documents concernant les ANNALES DES MINES doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes*, à M. l'inspecteur général, secrétaire de la Commission des ANNALES DES MINES.

Les auteurs reçoivent *gratis* 20 exemplaires de leurs articles.

Ils peuvent faire faire des tirages à part, à raison de 9 francs par feuille jusqu'à 50, 10 francs de 50 à 100, et 5 francs en plus pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. — Le tirage à part des planches est payé 10 francs par planche et par cent exemplaires ou fraction de centaine. Les planches extraordinaires sont payées au prix de revient.

Le brochage, y compris couverture imprimée et faux frais, est payé, pour une feuille seule ou une fraction de feuille, 3 francs le premier cent et 1f,25 pour chaque centaine ou fraction de centaine en plus. Pour chaque planche, ou chaque nouvelle feuille de texte, il sera payé 0f,25 par chaque centaine d'exemplaires.

La publication des ANNALES DES MINES a lieu par livraisons, qui paraissent tous les mois.

Les douze livraisons annuelles forment trois volumes, dont deux consacrés aux matières scientifiques et techniques, et un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. Ils contiennent ensemble 120 feuilles d'impression et 24 planches gravées environ.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs pour Paris, de 24 francs pour les départements et de 28 francs pour l'Etranger.

Tours. — Imprimerie DESLIS FRÈRES.

ANNALES
DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT

PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS, DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES

DIXIÈME SÉRIE.

MÉMOIRES. — TOME XII.

PARIS

H. DUNOD ET E. PINAT, ÉDITEURS

49, Quai des Grands-Augustins, 49

—

1907

ne serait pas sans intérêt de chercher à rendre compte de ce qu'est aujourd'hui l'industrie ardennaise, encore que nous ayons dû limiter le cadre de nos visites et nous borner à la vallée de la Meuse, de Charleville à Givet.

Parallèlement à l'étude technique de l'industrie métallurgique, nous avons essayé de toucher une question qui a son importance, celle des conditions économiques et sociales de l'ouvrier ardennais, et, si nous nous sommes cru autorisé à le faire, c'est en raison des facilités que nous offrait notre situation personnelle, étant né dans le pays et ayant vécu en contact constant avec la population ouvrière.

Au point de vue technique, nous avons divisé notre étude en quatre chapitres principaux :

1° Les usines à fer et tôleries;

2° Les ateliers de forges;

3° La boulonnerie;

4° La fonderie.

Au point de vue social, nous nous sommes attaché, d'une part, à l'ouvrier nouzonnais; d'autre part, à la région de Château-Regnault et à la vallée de la Semoy.

Nous remercions MM. les industriels dont nous avons pu visiter les établissements, et parmi la liste, trop longue pour l'énumérer ici, de toutes les personnes qui nous ont accordé le précieux concours de leur expérience, nous mentionnerons plus particulièrement M. Dirand à Neufmanil, MM. Tacussel, Valaize et Faynot à Nouzon, M. Léon Mernier à Braux, M. Lavergne à Château-Regnault, M. Mandois à Epernay.

HISTORIQUE.

Nous empruntons à la *Géographie illustrée des Ardennes*, de M. Albert Meyrac, les lignes suivantes :

« La fabrication de la fonte et du fer dans le dépar-

tement des Ardennes est très ancienne. Les hauts fourneaux datent à peu près de l'an 1500. Avant cette époque, on fabriquait de la fonte et du fer dans certaines parties de la contrée, mais on n'a conservé aucune trace du mode pratique. On ne sait rien quant à l'époque de cette fabrication. Elle est seulement attestée par les scories que l'on rencontre dans les environs des minières et par des fouilles anciennes dans les gîtes de minerai. Il est probable que celui-ci était fondu sur place dans de petits hauts fourneaux. On a retrouvé aussi, en quelques points des Ardennes et près des cours d'eau, d'anciens fonds de creusets qui ont appartenu, sans contredit, à des appareils analogues à ceux d'aujourd'hui. Les plus anciens hauts fourneaux datent de 1540-1550. On en connaissait 4 de cette époque. Six ont été établis de 1600 à 1650 et 1680, et 7 autres de 1700 à 1750. La période de 1750 à 1821 s'est écoulée sans qu'aucun fourneau ait été élevé. De 1821 à 1830, 8 fourneaux furent construits; enfin, les années 1835, 1836 et suivantes ont vu naître plusieurs nouvelles usines. La plupart des anciens fourneaux avaient des dimensions plus petites que ceux d'aujourd'hui; quelques-uns n'ont point été agrandis, le plus grand nombre a été rebâti sur de nouveaux modèles. »

On lit, d'autre part, dans l'ouvrage de M. Nivoit, que vers 1860 il n'existait encore dans les Ardennes que des hauts fourneaux marchant au charbon de bois, produisant 3 tonnes et demie à 5 tonnes de fonte par jour. Avec l'emploi du coke, les fourneaux se sont agrandis considérablement; ainsi, en 1869, il existait à Vireux deux hauts fourneaux, dont l'un pouvait produire 45 tonnes de fonte par jour, et l'autre 35.

En 1866, il y avait encore 10 hauts fourneaux dans les Ardennes; en 1869, on n'en comptait plus que 4 en marche, et il est peu probable, ajoutait M. Nivoit, que les autres se rallument.

« Il est à remarquer (*) que la production de la fonte dans le département des Ardennes a continuellement baissé pendant ces dernières années; aussi l'avenir métallurgique de ce département nous paraît être dans la fabrication du fer et spécialement de la tôle. On comprend que, par suite de l'abaissement considérable du prix de vente et de la cherté relative des minerais de fer, la fonte ne puisse plus se fabriquer dans les Ardennes à des prix de revient rémunérateurs. C'est à la Moselle et à la Meurthe, pourvus de riches gisements d'une exploitation facile, que doit être réservée cette fabrication. »

Les prévisions de M. Nivoit se sont réalisées jusqu'à l'heure actuelle; dans le département n'existent plus de hauts fourneaux en activité; c'est en 1894 que le dernier, celui de Vireux-Molhain, fut mis hors feu.

En considérant la fabrication du fer dans les feux d'affinerie, poursuit M. Meyrac, on voit que les premières forges, au nombre de 2, ont été construites en 1550; — 10 ou 12 l'ont été de 1614 à 1650; — 2, en 1680 et 1690; — puis un siècle s'est écoulé pendant lequel cette fabrication n'a pris aucun développement; — en 1790, 12 nouveaux foyers sont mis à feu; — 8 autres forges s'élèvent de 1811 à 1818; — 11, de 1823 à 1828. Enfin 8 affineries sont établies pendant les années 1834, 1836, 1837, 1838 et 1849. L'extension qu'a prise l'affinage de la fonte en 1814 et 1815 a pour cause le rapprochement de la frontière belge. Avant cette époque, une grande partie du fer de platinerie provenait du Luxembourg.

La fabrication du fer au moyen de la houille a été introduite dans le département, en 1824, par un Anglais qui venait de monter des fours à puddler à Couvin (Belgique). Cette fabrication n'a commencé réellement à se développer qu'en 1825, 1827 et 1828. Elle a pris un nouvel accrois-

(*) Nivoit, *l. c.*, p. 215.

sement bien faible en 1835 ; l'introduction de la méthode anglaise n'amena la suppression que d'un petit nombre de foyers d'affinage au charbon de bois. Ce n'est que plus tard, à cause du bas prix auquel sont descendus les fers, que la méthode anglaise supplanta l'affinage au charbon de bois. Aujourd'hui, comme partout d'ailleurs, le puddlage tend à son tour à disparaître, et avec lui la fabrication du fer marchand. Nous verrons plus loin ce qu'il en reste dans les Ardennes.

La fabrication du petit fer au martinet ne s'est guère développée que vers 1790. Cependant il paraît que le martinet d'Haraucourt existait déjà en 1700. Ce n'est qu'en 1827 que des cylindres ont été substitués aux martinets.

Avant 1812 il n'existait que deux fonderies dans les Ardennes : celle d'Haraucourt et celle de Linchamps, qui datent de 1700 et 1750. Celle de Saint-Nicolas fut montée en 1812. La fabrication des clous ayant pris une grande extension dans les environs de Charleville, plusieurs fabriques nouvelles furent établies en 1821, 1824, 1825 et 1827.

Le premier laminoir à tôle des Ardennes et, dit-on, le premier de la France, fut construit à Givonne en 1790. Les 3 suivants datent de 1795 ; un autre, de 1812. Il y eut dans la fabrication de la tôle une extension considérable vers l'année 1823, et, de 1823 à 1828, 6 nouveaux laminoirs furent élevés. Enfin, dix autres marchent depuis 1834 ; puis, à partir de cette époque, la production de la tôle s'est beaucoup accrue.

Après ce coup d'œil rétrospectif, abordons, selon les divisions indiquées précédemment, l'étude détaillée de la vallée de la Meuse. Nous commencerons, comme il est rationnel, par l'élaboration des matières premières, c'est-à-dire les usines à fer et tôleries.

I. — USINES A FER ET TOLERIES.

Généralités. — La fabrication du fer dans les Ardennes se fait encore à l'aide des fours à puddler; les fontes qu'on y traite proviennent des hauts fourneaux de Meurthe-et-Moselle, de la Haute-Marne et du Luxembourg.

Rappelons en deux mots le principe du puddlage.

Les gueuses de fonte sont amenées jusqu'à fusion dans un four à réverbère ; ceci exige environ quarante minutes pour une charge de 200 kilogrammes. A ce moment, l'ouvrier puddleur, muni d'un ringard, brasse énergiquement les matières liquides, pendant une période de temps variable de quarante minutes à une heure; ceci fait, il confectionne les loupes, c'est-à-dire qu'il agglomère les grains ferreux en boules pouvant aller jusque 40 kilogrammes.

Les loupes sont soumises à l'action d'un marteau-pilon et passent ensuite au laminoir. Les barres obtenues sont découpées et les morceaux réunis en paquets avec un mélange de ferrailles ; ces paquets sont à nouveau chauffés dans un four à réverbère dit four à souder, et passent ensuite au laminoir, où on les transforme en produits marchands.

Le puddlage est essentiellement encore une industrie ardennaise; mais, depuis longtemps déjà, ce procédé trop coûteux, nécessitant une main-d'œuvre difficile à recruter, tend à disparaître pour céder la place aux fours Martin : c'est ainsi qu'on en trouve, pour la fabrication de la tôle, aux usines de Blagny et d'Osnes, chez Lefort et Cie à Mohon, et aux forges de Vireux-Molhain.

Les principales usines métallurgiques des Ardennes sont : usines Saglio et Cie, à Blagny ; — forges de Flize, appartenant aux Boulonneries de Bogny; — Boutmy

et Cie, à Messempré ; — Lefort et Cie, à Mohon ; — Société des Forges de Brévilly ; — les usines d'Osnes ; — Ollivet, à Mouzon ; — Henri Morel, à Saint-Nicolas (Revin) ; — Société des Forges et Clouteries des Ardennes, rachetées par M. Lefort, à Mohon ; — Société des Forges et Hauts Fourneaux de Villerupt et Laval-Dieu, à Monthermé ; — Société des Forges de Vireux-Molhain.

Voici, d'après M. Meyrac, quelle était, en 1897, la production de ces usines :

54.000 tonnes	de fer puddlé, soit une valeur de.	8.200.000 fr.
11.000 —	de tôle de fer puddlé.	2.200.000
24.000 —	de fer provenant du réchauffage des vieux fers	3.800.000
4.000 —	de tôle provenant du réchauffage des vieux fers	760.000
24.000 —	d'aciers en barres ou en fils	3.900.000
12.000 —	de tôle d'acier	2.700.000
129.000 tonnes	TOTAL	21.560.000

Il est intéressant de mettre en regard de ces chiffres ceux que donne M. Nivoit pour l'année 1866 :

	Poids	Valeurs
Fonte au charbon de bois	7.305^T	1.140.572 fr.
Fonte au coke	11.718	1.080.220
TOTAL	19.023	2.220.792
Fer marchand au charbon de bois	2.165	746.025
— à la houille	25.030	5.531.630
— aux deux combustibles	1.123	476.594
Tôle au charbon de bois	3.116	1.420.987
Tôle puddlée et tôle mixte	13.047	3.652.942
TOTAL	44.481	11.829.078

La production en poids est donc sensiblement triplée, pour une valeur correspondante seulement doublée.

Il ne faudrait pas conclure de ces chiffres au développement de l'industrie dans les Ardennes à trente ans d'intervalle. Ces chiffres, en effet, se rapportent à une

industrie qui, quoique prospère, tend à se restreindre de plus en plus dans les Ardennes, et la production de ces usines est loin de suffire à la consommation de fer et d'acier qui se fait dans les autres industries du département.

Forges de la vallée de la Meuse. — Dans le cadre où nous nous sommes limité, nous n'avons que deux installations à relater, celle de Laval-Dieu et celle de Vireux-Molhain.

FORGES DE LAVAL-DIEU.

Les forges de Laval-Dieu ont dans leurs dépendances les hauts fourneaux de Villerupt; c'est de là que viennent les gueuses de fonte qu'on y traite pour la fabrication du fer.

L'usine jouit d'une position particulièrement avantageuse pour la commodité des transports. Située à 1 kilomètre environ de la gare de Monthermé-Est, elle est reliée par une voie de chemin de fer à la ligne Charleville-Givet. D'un autre côté, elle est située juste à l'angle que forme le confluent de la Semoy avec la Meuse ; cette dernière constitue, comme on sait, une voie fluviale de premier ordre. La Semoy, malheureusement, n'est pas une rivière navigable ; mais, depuis trois ans, cette vallée, qui prend un développement industriel de plus en plus important, et que les touristes apprécient tant pour ses gorges pittoresques, est desservie par un chemin de fer à voie étroite qui la relie au réseau de l'Est, et dont la première station se trouve précisément aux forges de Laval-Dieu.

Par chemin de fer et par voie fluviale, l'usine reçoit les matières élaborées à Villerupt et écoule les produits traités ; les charbons lui viennent du Nord et du Pas-de-Calais, voire même du bassin de la Ruhr.

Si on joint à cette commodité de transports l'écoulement

facile et économique des produits dans les vallées de la Meuse et de la Semoy pour l'industrie des boulons et la petite ferronnerie, on concevra facilement combien était rationnel l'établissement d'une fabrique de fer au centre de la région.

Les fontes que l'on traite à Laval-Dieu sont des fontes blanches d'affinage de même qualité que celles du bassin de Longwy. L'affinage se fait par puddlage sec, c'est-à-dire par courant d'air, avec une très faible addition de battitures.

Les charbons employés sont de première qualité : ils viennent de Douchy, de Courrières et de Ruhrort.

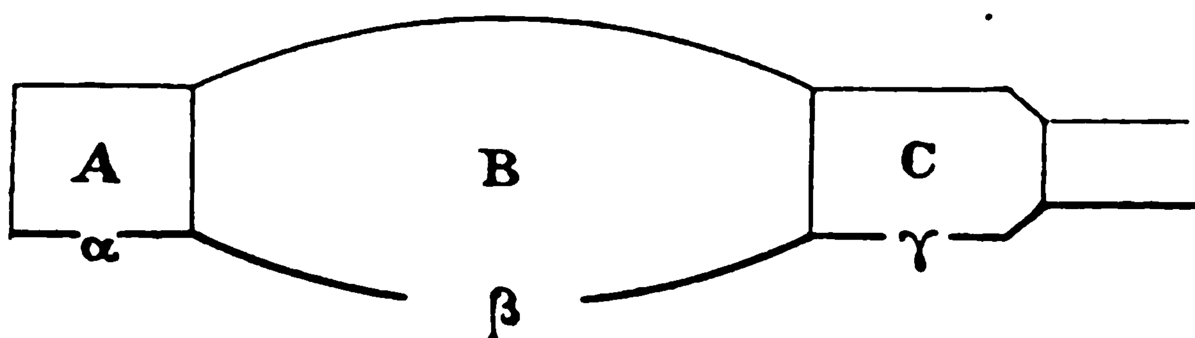


Fig. 1.

Les fours à puddler étaient, en 1906, au nombre de 17, dont 11 seulement en activité. Leur forme générale est celle d'un four à réverbère avec trois parties bien distinctes, comme l'indique la *fig.* 1 : la chauffe A, le laboratoire B et le cassin C, avec leurs portes respectives α, β, γ.

Les autels qui séparent le laboratoire de la chauffe et du cassin sont refroidis intérieurement par une circulation d'eau. La sole est en fonte et recouverte d'une couche de sable ; le regarnissage se fait tous les mois environ et nécessite un arrêt du four de trois ou quatre jours.

Il y a trois ouvriers par four : le premier puddleur charge les gueuses dans le cassin, les fait passer dans le laboratoire et confectionne les loupes. Le deuxième puddleur

est celui qui fait le brassage ; enfin, le troisième, ou toqueur, s'occupe de la chauffe.

Les gueuses, après s'être réchauffées dans le cassin pendant la durée de l'opération précédente, sont poussées directement dans le laboratoire à l'aide d'une cuiller que le premier puddleur manœuvre par la porte γ du cassin. Ceci fait, il recharge le cassin de nouvelles gueuses et peut se reposer, pendant que les matières entrent en fusion dans le laboratoire et que le deuxième puddleur commence le brassage. Il faut ajouter que le premier, après avoir chargé le laboratoire, fait une addition de battitures et de copeaux de ferrailles, en quantité toujours faible. La quantité de gueuses remises au chef puddleur est rigoureusement pesée, tandis qu'on ferme les yeux sur ce qu'il peut trouver de battitures et de ferrailles dans le voisinage du four et des laminoirs. Il cherche naturellement à s'en procurer le plus possible, car il est payé à la quantité de fer produit au sortir du laminoir.

Dans ce cas de puddlage sec, par opposition au puddlage bouillant, le brassage, comme la fusion, ne dure qu'une vingtaine de minutes, après quoi le premier puddleur confectionne les loupes aussi rapidement que possible, en dix minutes environ. La durée du travail pour un ouvrier est de douze heures par jour avec repos par intervalles entre chaque charge; une équipe fait ainsi dix à onze charges.

Les flammes perdues de quelques fours chauffent des chaudières verticales, mais la plupart sont munis de chaudières tubulaires.

Les loupes passent sur chariot au marteau-pilon et de là au laminoir ; elles en sortent sous forme de barres plates constituant le *fer brut*.

Dans les *fours à souder*, au nombre de huit, on traite deux genres de produits : d'une part, les *paquets* ; d'autre part, les *blooms* d'acier venant de Villerupt.

Les paquets sont eux-mêmes de deux sortes :

1° Les *paquets proprement dits*, constitués par des lames de fer brut ;

2° Les *ramasses*, formées de déchets de laminoirs, ayant déjà passé une fois au four à souder et constituant évidemment des fers de qualité supérieure aux paquets.

Le four à souder est du même type que le four à puddler : les blooms d'acier reçoivent le coup de feu direct, les paquets et les ramasses sont placés vers le rampant.

Les scories s'évacuent à l'extrémité par un trou de coulée ; elles sont vendues comme engrais ; celles des fours à puddler sont plus recherchées, à cause de la plus grande quantité de phosphore.

Produits fabriqués. — Ils sont de deux sortes : des tôles et des fers marchands.

1° *Tôles*. — La tôle est fabriquée au laminoir ; à cet effet il existe deux trains :

Le premier, ou petit laminoir, traite des bidons, c'est-à-dire des barres de fer plates précédemment laminées au gros train, et réchauffées dans un four dit four à bidons ; on y fait des tôles de $0^{mm},5$ à 1 millimètre. Le train est un duo, comprenant une cage ébaucheuse et deux cages finisseuses, et desservi par une machine à vapeur. La production normale par vingt-quatre heures est de 10 tonnes.

Le second train est un duo actionné par une machine de 300 chevaux, avec un volant de 60 tonnes, et desservi par deux fours à souder et un four à bidons. Le train comprend d'abord un dégrossisseur au sortir duquel les barres laminées sont découpées en bidons ; les premiers de ceux-ci, encore suffisamment chauds, passent directement au laminoir à tôles ; les autres sont réchauffés au four à bidons susdit. Le train à tôles proprement dit comprend

une cage ébaucheuse et deux cages finisseuses, l'une de 120 et l'autre de 93.

La production comptée à la sortie du laminoir est de 17 tonnes par vingt-quatre heures.

Les tôles laminées sont classées en quatre catégories, suivant les opérations qu'elles subissent ultérieurement :

1° Les tôles livrées directement au commerce, caractérisées par une teinte rouge uniforme.

2° Les tôles recuites sur grilles, pendant un temps variable de plusieurs minutes à quelques heures selon les épaisseurs ; cette opération s'effectue dans des fours dits fours dormants, au nombre de trois ; les tôles sont posées sur le combustible en ignition. Ce sont les tôles fines qui subissent ce recuit ; elles sortent avec une belle teinte bleue uniforme.

3° Les tôles recuites en vases clos, dans des fours dormants fixes formés de six groupes de deux. Ces fours renferment chacun une grande cuve en fonte où l'on empile les tôles ; chaque cuve peut contenir 7 à 8 tonnes ; les parois sont léchées par les flammes qui vont de l'avant à l'arrière et gagnent la cheminée. Le recuit dure trois jours ; on laisse refroidir trois jours et on décharge le septième ; on charge et décharge un four chaque jour.

4° Les tôles recuites quarante-huit heures dans des fours dormants à caisses mobiles ; ces fours sont au nombre de deux, on les charge indifféremment par l'une ou l'autre extrémité en faisant rouler les caisses sur des galets sphériques, au moyen d'une pince à rochet. On passe par caisse 2 à 3 tonnes ; on y recuit les tôles fines qui, dans les fours précédents, risquent d'adhérer l'une à l'autre.

Les tôles recuites en vases clos sont caractérisées par une teinte bleutée avec une jolie fleur dans le milieu.

Les tôles sont découpées aux dimensions voulues à l'aide de cisailles ; celles-ci sont au nombre de deux.

2° *Fers marchands.* — Les paquets, sortant des fours à souder, sont traités au laminoir pour la fabrication des fers marchands. Il existe à cet usage 4 trains :

1° Un train de 500, passant 32 tonnes par vingt-quatre heures ;

2° Un train de 350, passant 32 tonnes par vingt-quatre heures ;

3° Un train de 250, passant 24 tonnes par vingt-quatre heures ;

4° Un train de 230, passant 22 tonnes par vingt-quatre heures.

Ces quatre trains sont des trios, comprenant chacun une cage dégrossisseuse et deux cages finisseuses dont l'une sert à spater le fer, c'est-à-dire le polir.

Les trains de 500 et 350 sont desservis par deux fours à souder et actionnés par une machine monocylindrique (1.000 × 1.000). Une machine semblable actionne les trains de 250 et 230 ; ceux-ci sont desservis chacun par deux fours à souder.

A signaler, en outre, une cisaille par train et une grosse scie à vapeur.

Personnel employé. — L'usine occupe 700 à 750 ouvriers, travaillant à deux postes par vingt-quatre heures.

Un train comprend comme personnel 1 lamineur, 2 dégrossisseurs, 2 rattrapeurs et 3 crocheteurs.

Un four est desservi par 4 hommes : 1 chauffeur et 3 aides.

L'usine est gérée par la « Société anonyme des Hauts Fourneaux et Forges de Villerupt-Laval-Dieu ».

SOCIÉTÉ DES FORGES DE VIREUX-MOLHAIN.

Ce sont les forges les plus importantes des Ardennes ; elles se trouvent situées sur la rive gauche de la Meuse,

dans la vallée du Viroin. Elles sont exploitées par la Société belge des Hauts Fourneaux et Aciéries d'Ougrée-Marihaye, laquelle possède en outre les hauts fourneaux de la Chiers, dans la région de Longwy.

Les Forges de Vireux, qui occupent 800 ouvriers, dont 700 au moins sont Belges, comprennent : une aciérie Martin, une usine de puddlage, des laminoirs et une petite fonderie, celle-ci sans intérêt.

Aciérie Martin. — Elle comprend deux fours, faisant chacun de 15 à 18 tonnes, dont le plus récent n'avait encore fait, en octobre 1906, qu'une campagne de quatre mois.

On y traite des fontes venant par chemin de fer des hauts fourneaux d'Ougrée et de la Chiers ; on y passe également des déchets des aciéries d'Ougrée ; la castine vient de Frasnes en Belgique, le coke de Charleroi, et le spiegel d'Angleterre.

L'un des fours est desservi par cinq gazogènes Siemens, et l'autre par deux gazogènes Morgan, à chargement automatique, passant 15 tonnes de charbon ; ces deux gazogènes n'avaient, en octobre 1906, que trois mois d'existence ; il est donc difficile de porter un jugement sur leurs résultats ; cependant, jusqu'alors, on en était satisfait.

La fonte que l'on emploie est de la fonte Thomas ; le lit de fusion comporte en moyenne 40 p. 100 de fonte, mais on est allé à 80 p. 100, selon la cherté relative de la fonte et des déchets d'acier ; avec ceux-ci on mélange du ferro-manganèse, du ferro-silicium, et comme fondants de la chaux, de la castine et aussi de la fluorine venant d'Allemagne.

Les deux fours se trouvent juxtaposés, l'un un peu en arrière de l'autre. La halle de coulée se compose d'une grande fosse rectangulaire où sont alignées des lingo-

tières de 500 kilogrammes au-dessus desquelles circule la poche montée sur chariot; pour le démoulage, deux ponts roulants électriques de 5 tonnes et de 15 tonnes assurent un service régulier.

L'intérêt futur de cette aciérie résidera dans l'application du procédé Bertrand Thielt, en installation en 1906. Le principe de ce procédé consiste à charger la fonte à l'état liquide en faisant usage de deux fours Martin. On commence dans un premier four par éliminer le silicium à peu près en totalité, et une partie du carbone et du phosphore. Le métal à demi affiné passe dans le second four, débarrassé de sa scorie, et reçoit une nouvelle addition de fonte.

A cet effet, on a monté entre les deux fours un cubilot, capable de passer 200 tonnes par jour; outre la fonte, on passe par charge 2.000 kilogrammes de minerai d'Espagne à 63 p. 100 de Fe^2O^3. La fonte s'écoule de là dans une poche de 15 tonnes située dans une fosse de 3 mètres de profondeur.

Actuellement, l'aciérie Martin fait 140 tonnes d'acier par jour, à raison de 5 coulées par vingt-quatre heures. C'est, comme on le voit, une production intensive.

Laminoirs. — Les lingots démoulés sont conduits encore chauds dans le four à réchauffer; on introduit les lingots à l'extrémité ou vers le milieu du four selon leur température; on les pousse vers la chauffe petit à petit à l'aide de ringards. Le four est desservi des deux côtés à la fois, et alternativement; les lingots avancent donc par files de deux, on les charge successivement et on les enlève de même, à droite et à gauche.

Le four est surmonté d'une chaudière chauffée par les flammes perdues.

Les lingots passent du four au laminoir, formé de deux cages trio; il est actionné par une machine verticale de

1.500 chevaux pour une pression de vapeur de 9 kilogrammes, tournant à 100 tours par minute et portant un volant de 55 tonnes.

On fabrique au laminoir des rails de chemins de fer et des poutrelles. On lamine par vingt-quatre heures 140 à 150 tonnes d'acier Martin.

Puddlage. — Il existe dix-huit fours à puddler, dont douze seulement en marche. Deux fours sont accolés et chauffent une chaudière de Naeyer. Il y a par four deux ouvriers, et un troisième dessert à la fois deux ou trois fours. On travaille à deux postes par vingt-quatre heures, et la production par four dans ce temps est de 12.000 kilogrammes. On fait dix charges par poste de douze heures, et on charge 260 kilogrammes de fonte par four. Les ouvriers sont payés aux 1.000 kilogrammes à raison de 3 francs environ; le chef puddleur gagne ainsi 6 à 7 francs par jour.

Les loupes sont traitées au marteau-pilon; il y en a deux à simple effet. Sortant de là, la loupe est passée au laminoir, formé d'un train trio à deux cages avec machine horizontale de 1.000 chevaux. On obtient ainsi le fer ébauché ou fer brut; celui-ci est découpé et mis en paquets que l'on passe dans les fours à souder. Ceux-ci sont au nombre de quatre, et sont chauffés par des gazogènes situés en arrière; les gaz, après combustion dans le four, sont rabattus en avant sous la sole et se rendent à la cheminée. Le four a $5^{m},50$ de longueur, avec quatre portes sur le devant; il y a trois gazogènes par four, on fait des charges de 3.000 kilogrammes avec les paquets, et ceux-ci séjournent environ une heure et quart. De là ils passent soit au petit train, soit au train marchand.

Le petit train comprend d'abord un ébaucheur et un train trio; on y fabrique environ 25 tonnes de petits fers

par vingt-quatre heures ; il est desservi par une machine horizontale de 800 chevaux, à tiroir cylindrique.

Le train marchand peut traiter 50 tonnes par vingt-quatre heures et possède une machine de 1.500 chevaux.

Ces deux machines se trouvent entre les deux trains dans la même salle, avec une station d'électricité fournissant la force motrice aux ponts roulants, appareils de manœuvre, etc. Cette station comprend d'abord une dynamo hexapolaire à 250 volts, 450 ampères et 400 tours, actionnée par une machine à vapeur. En outre, deux turbines hydrauliques, à 2 kilomètres de là, actionnent un alternateur de 300 chevaux donnant du courant alternatif à 3.500 volts ; celui-ci est reçu à la station dans deux transformateurs qui réduisent son potentiel à 160 volts, et passe ensuite dans une commutatrice qui le transforme en continu à 250 volts.

L'usine est reliée à la ligne Charleville-Givet-Bruxelles par une voie de raccordement.

II. — LES ATELIERS DE FORGES.

Les ateliers de forges de la vallée de la Meuse occupent une place importante dans la fabrication des pièces destinées à la construction des locomotives et des wagons ; l'automobilisme et l'artillerie s'approvisionnent également, pour une part qui est loin d'être négligeable, dans le département des Ardennes.

Les pièces forgées sont travaillées et finies à l'aide des machines-outils usuelles, raboteuses, fraiseuses, mortaiseuses, tours, poinçonneuses, etc. Les usines comprennent donc toujours deux divisions bien distinctes : l'atelier des forges proprement dit et l'atelier d'ajustage.

A proximité de cette région où le recrutement des forgerons et des outilleurs lui était particulièrement facile,

la Compagnie des chemins de fer de l'Est a établi à Mohon des ateliers affectés à l'entretien du matériel, ainsi qu'à la construction de certains lots de wagons à marchandises.

Dans une étude très détaillée, publiée dans la *Revue de Mécanique* (décembre 1902), M. Tolmer, ingénieur des Ateliers de Mohon, a exposé avec une netteté remarquable la confection des ferrures de wagons. Nous ne pouvons mieux faire que de renvoyer à cette étude pour ce qui concerne la technique de la forge.

Pour ce qui est de la vallée de la Meuse, nous allons exposer d'abord la situation générale des ateliers de forges et la situation actuelle de cette industrie ; puis nous étudierons, avec les conditions économiques de la population, la grève des ouvriers de Nouzon en 1902 ; nous terminerons le chapitre de la forge par la description des principaux ateliers de la région.

Situation générale des ateliers de forges. — Nouzon constitue, avec les écarts de la Forge et de la Cachette, un centre ouvrier de première importance, où domine essentiellement l'élément forgeron.

Nous citerons comme étant les firmes les plus importantes de la région :

A Nouzon : Hardy-Capitaine ; Thomé-Genot ; Vve Soret ; Genot-Clairdent ; Dauxin.

A Charleville : Demangel (manufacture ardennaise d'estampage), Martinet (manufacture de ferrures du Nord-Est), Jubert (forges et boulonneries de Charleville) ;

A Mézières : Maurice Dérué (forges de Mézières) ;

A Braux-Levrézy : la Manufacture ardennaise et les Boulonneries de Bogny (annexes de Levrézy).

A côté de ces grandes usines qui traitent directement avec les Compagnies ou les constructeurs, il existe une quantité de petits fabricants qu'on peut diviser eux-mêmes

en deux classes : d'une part, les sous-traitants, occupant un petit nombre d'ouvriers et se chargeant de la confection des petites ferrures ; d'autre part, les ouvriers qui travaillent à leur compte, et qui, tout en étant eux-mêmes des sous-traitants de la catégorie précédente, livrent au commerce une variété infinie de produits métallurgiques, tels que pièces de vélocipèdes, articles de bâtiments, pelles, pioches, pincettes, chenêts, paumelles, casse-noisettes, etc.

D'une façon générale, le prix de vente des pièces de forge est essentiellement variable ; la raison en est dans l'irrégularité des commandes ; les Compagnies de chemins de fer restent parfois plusieurs mois sans rien commander, et subitement les usines sont débordées de travail ; il en est de même pour l'artillerie, et cet état de choses est tout à fait défavorable à la bonne marche des usines.

Les ouvriers employés dans les forges de Nouzon et des environs sont pour la plupart français ; on trouve cependant quelques Belges. Robuste et bien constitué, le forgeron travaille avec un ou deux frappeurs, un chauffeur et un pilonnier ; il est généralement payé à la tâche, avec un salaire minimum de journée, comme nous le verrons dans l'étude de la grève de 1902. Un forgeron gagne de 9 à 13 francs par jour ; un chauffeur, de 7 à 8 francs ; un ajusteur ou un tourneur, 7 francs ; et la paie minimum d'un manœuvre est encore de 4 francs.

Il convient de signaler la difficulté toujours croissante de recruter des forgerons. Aussi les usines des Ardennes sont-elles arrivées, dans ces derniers temps, à un chiffre de production qu'il leur est impossible de dépasser, faute de personnel. Une grave conséquence de ce fait, c'est que les constructeurs, ne pouvant obtenir livraison des ferrures commandées, envisagent dès maintenant la fabrication de ces ferrures par eux-mêmes. Il est à craindre qu'un tel

mouvement ne se généralise, et aux périodes de crise laisse inoccupée l'industrie des Ardennes.

A vrai dire, il n'y a pas, dans le courant de l'année, de morte-saison dans la grosse industrie ardennaise; la prospérité du commerce semble soumise néanmoins à des fluctuations assez régulières ; à trois années très bonnes succèdent généralement trois années médiocres, et à celles-ci trois années mauvaises.

Situation actuelle des ateliers de forges (*). — Le fait caractéristique des années 1906-1907, c'est la surabondance des commandes succédant à une période de crise de 1902 à 1905. Depuis 1900, la situation n'a jamais été aussi surchargée qu'en ce moment : ferrures d'autos et ferrures de wagons sont commandées en quantité considérable, et les industriels sont pour la plupart débordés. Cette situation, qui certainement ne durera pas, a des causes nettement déterminées.

En ce qui concerne les autos, les voitures de luxe et de tourisme et en général toutes les voitures livrées au public ont une clientèle qui a été sans cesse en augmentant depuis quelques années. De plus, la construction des fiacres (taximètres automobiles et autobus) et celle des poids lourds ont pris une extension considérable ; il en est résulté pour les usines qui confectionnent les ferrures une poussée formidable qui assure aux usines un aliment sérieux dont il est difficile de prévoir la fin.

En ce qui concerne le matériel des chemins de fer, il suffit de consulter les chiffres fournis par la Chambre de commerce de Charleville pour juger de l'encombrement du marché. Ainsi, dans le courant de 1906, il a été commandé : 9.500 wagons Paris-Lyon-Méditerranée,

(*) Communication de M. Mandois, ancien élève des Arts et Métiers, contremaître des forges aux ateliers d'Epernay.

2.450 Est, 2.000 Paris-Orléans, 1.000 Nord, 800 Ouest, 200 Etat, 620 colonies et divers (ensemble : 16.750 wagons). A ce nombre, il faut ajouter plusieurs centaines de wagons construits par les Sociétés minières, et pour lesquels, comme pour les premiers, la plus grande partie des ferrures a été commandée dans les Ardennes.

Cette surabondance de commandes s'explique par un développement du commerce et une pénurie de moyens de transport. Voici, en particulier, l'opinion de la Compagnie d'Orléans sur la crise des transports :

« En 1905, dès que la reprise s'est manifestée, nous avons fait d'importantes commandes, mais l'augmentation qui s'est produite sur les transports en 1906 a dépassé toutes les prévisions. En même temps, par suite de grèves et d'autres circonstances, nos fournisseurs n'ont pu nous livrer qu'avec plusieurs mois de retard le matériel sur lequel nous comptions l'an dernier : nous allons seulement recevoir les machines à marchandises à grande puissance commandées en 1905, et dont la livraison aurait dû commencer depuis quatre mois. Il en est résulté une pénurie de matériel et des irrégularités de service qu'il n'a pas dépendu de nous d'éviter. La crise du matériel dont nous avons eu à souffrir s'est d'ailleurs notablement aggravée par ce fait que, par suite de l'application de la loi sur le repos hebdomadaire, les expéditeurs et les destinataires ont cessé de fréquenter nos gares le dimanche; les opérations de chargement et de déchargement des marchandises se trouvant ainsi suspendues, la libération de notre matériel se trouve retardée, et son utilisation diminuée. »

Conséquences de la surabondance. — Cette surabondance des commandes venant après la crise de 1902-1905 (période pendant laquelle les industriels purent à grand'peine continuer à alimenter leurs ateliers), cette sura-

bondance, disons-nous, causa une grande perturbation dans la marche des affaires.

Dès qu'arrivèrent les offres de travaux, certaines usines, alléchées par l'appât du gain, et craignant un nouvel arrêt des constructions, se lancèrent à corps perdu dans les commandes, et il s'ensuit actuellement, pour elles, un encombrement qui entraine des retards considérables dans la livraison des ferrures. Aussi les Compagnies ont dû lancer à l'étranger de très importantes commandes de matériel.

A un autre point de vue, la surabondance des commandes a eu pour effet l'augmentation des prix de main-d'œuvre et de matières premières et, par suite, du prix de revient. Devant les exigences des ouvriers, les patrons ont dû consentir des salaires plus élevés, dont l'augmentation a atteint 10 p. 100. Le marché des métaux, d'autre part, indique une majoration considérable des prix de base.

Enfin, une autre conséquence que nous avons déjà signalée, c'est la création d'usines nouvelles par les constructeurs qui ne peuvent obtenir livraison, notamment les constructeurs d'automobiles. Il importe de noter l'éclosion de ces maisons qui, par la suite, pourront terriblement concurrencer l'industrie ardennaise.

Conditions économiques de la population. — Les ouvriers nouzonnais sont pour la plupart locataires ; ils payent un loyer de 12 à 15 francs par mois et disposent de deux pièces, avec jardin, cuisine et cour. En dehors de son travail, l'ouvrier s'adonne un peu à l'agriculture ; il cultive son champ ou son jardin.

Sans parler de l'alcoolisme, sur lequel nous reviendrons dans un autre chapitre, la population nouzonnaise est peu économe ; on a gagné, dans les années de prospérité, des sommes considérables ; sauf de rares exceptions, on a

tout dépensé. Il est triste de dire que certains ouvriers ont gagné jusque 25 francs par jour, sans faire un sou d'économie, plus triste encore d'avoir vu des forgerons, entre les charges des fours, jouer au bouchon avec des pièces de 5 francs.

Pourtant la prodigalité naturelle n'a pas chassé toute idée de prévoyance : les ouvriers nouzonnais ont formé entre eux une Association contre les accidents du travail ou la maladie, qui leur donne d'excellents résultats; moyennant 1 franc de cotisation par mois, ils touchent 3 francs par jour en cas d'impossibilité de travail.

L'ouvrier nouzonnais est d'esprit pacifique; les grèves sont assez rares; la dernière eut lieu à propos de la loi de dix heures : elle dura six semaines environ sans incident fâcheux. Les résultats de cette grève eurent une importance assez considérable pour que nous jugions utile de relater les faits qui se sont passés à cette époque.

Grève des ouvriers de Nouzon en 1902. — La loi Millerand, votée en 1900, imposait aux industriels occupant des femmes et des enfants une réduction progressive des heures de travail. Pour débuter, du 1er avril 1900 au 31 mars 1902, on ne devait plus faire que onze heures, et du 1er avril 1902 au 31 mars 1904, dix heures et demie.

Avant le 1er avril 1900, les ateliers de Nouzon faisaient douze heures, et les ouvriers étaient payés à la journée. Naturellement, une absence quelconque entraînait une retenue calculée au prorata du temps perdu.

Quand arriva l'époque de l'application de la première partie de la loi Millerand, c'est-à-dire le 1er avril 1900, les ouvriers réclamèrent pour les onze heures le même salaire journalier que pour les douze heures. A ce moment, les patrons, qui avaient des commandes en abondance, consentirent sans discussion à maintenir les anciens salaires,

dans la crainte d'un conflit qui, au moment de l'Exposition de Paris, leur aurait été très préjudiciable.

Donc, à partir du 1er avril 1900, on ne travailla plus que onze heures, au lieu de douze, et on ne baissa pas les salaires.

Le 1er avril 1902, l'application de la deuxième partie de la loi imposait aux usines de ne plus travailler que dix heures et demie. A cette époque, les travaux étant devenus plus rares, les industriels n'étaient plus dans d'aussi bonnes dispositions qu'en 1900, et ils refusèrent aux ouvriers de payer pour dix heures et demie la même somme que pour douze heures. Ils décidèrent d'établir des salaires à l'heure basés sur l'ancienne journée de douze heures, c'est-à-dire qu'un ouvrier gagnant 6 francs avant 1900 ne devait plus toucher que $\frac{6 \times 10\,1/2}{12} = 5$ fr. 25. Dans ces conditions, on retirait donc aux ouvriers l'avantage qui leur avait été conféré lors de la première application de la loi.

Les ouvriers ne voulurent pas accepter ces conditions; il en résulta une grève générale.

Après six semaines de pourparlers, les deux parties se mirent d'accord aux conditions suivantes :

Durée du travail : dix heures (la loi accordait bien dix heures et demie aux patrons jusqu'en 1904, mais ces derniers préférèrent appliquer tout de suite dix heures pour éviter les risques d'un nouveau conflit en passant de dix heures et demie à dix heures).

Taux des salaires : pour dix heures de travail, même paie que pour onze heures et demie, calculée à l'ancien taux ; donc, en prenant pour exemple une journée de 6 francs, le salaire était :

jusqu'en 1900	de 1900 à 1902	à partir de 1902
6 fr. pour 12 heures	6 fr. pour 11 heures	5f,75 pour 10 heures

On voit par ces chiffres que les patrons faisaient une

large concession aux ouvriers ; mais ceux-ci avaient accepté en échange de se conformer au règlement général ci-après :

1° Commencer et finir le travail au sifflet ;

2° Interdiction absolue de manger pendant les heures de travail ;

3° Interdiction de se laver les mains ou de se livrer à aucun soin de propreté avant le signal de la fin du travail ;

4° Au bout de trois infractions, un ouvrier est susceptible de recevoir ses huit jours.

En résumé, les patrons exigeaient dix heures de travail effectif, tandis qu'avant la grève, bien que la journée fût de douze heures, elle était en réalité très écourtée par les pertes de temps suivantes :

Dix minutes à la rentrée du matin ;

Quinze minutes à l'arrêt de neuf heures ;

Dix minutes à la rentrée de midi ;

Quinze minutes à l'arrêt de quatre heures ;

Cinq minutes avant la sortie.

Soit, au total, cinquante-cinq minutes. Les patrons n'ont donc accordé en réalité que trente-cinq minutes. Pour être impartial, nous devons constater que le règlement général élaboré en 1902 ne nous paraît pas strictement observé, surtout en ce qui concerne les soins de propreté avant la sortie : bien des ouvriers se lavent les mains, voire même la figure, avant l'heure prescrite.

Depuis 1902, et surtout depuis plusieurs mois, les ouvriers de Nouzon ont toujours réclamé le rétablissement des salaires au taux de 1900. Petit à petit, forgerons, ajusteurs, aides aux machines-outils ont vu leur journée augmenter progressivement. Seuls, deux catégories d'ouvriers, par suite de circonstances diverses, étaient restées au taux établi à la fin de la grève de 1902. Ces ouvriers, voyant dans ces derniers temps les usines encombrées de travaux, réclamèrent à nouveau, avec plus d'insistance, le rétablissement des salaires de 1900.

1° *Réclamations des frappeurs.* — Les frappeurs, payés depuis la grève 0 fr. 43 l'heure, demandèrent 0 fr. 45. Comme ces ouvriers sont à la journée ou plutôt en régie, et qu'ils ne touchent comme surplus que ce que veulent bien leur donner leurs forgerons à la fin de chaque quinzaine, les patrons accordèrent l'augmentation demandée en donnant comme motif que certains forgerons ne sont pas assez larges dans le boni qu'ils donnent à leurs frappeurs (*).

L'allumage et l'extinction des feux nécessitent une perte de temps susceptible d'un dédommagement. Cette question n'a été agitée que dans une seule usine; pour la résoudre, on a autorisé les frappeurs à prendre du feu sur la grille d'une des chaudières. Dans ces conditions, une ou deux minutes suffisent chaque matin pour l'allumage, et l'extinction se fait le soir en une demi-minute. La perte de temps ne s'élevant pas à plus de vingt-cinq minutes sur une période de quinze jours, on a conclu qu'il n'y avait pas lieu d'augmenter la paie en la circonstance.

2° *Réclamations des mouleurs.* — Les ouvriers mouleurs demandèrent tout d'abord le rétablissement des salaires de 1900. Puis ils formulèrent les réclamations suivantes :

1° Suppression des formalités d'embauchage;

2° Relèvement des salaires au taux de 1900;

3° Minimum de 0 fr. 60 l'heure pour les mouleurs adultes (au-dessus de dix-huit ans);

4° Augmentation du travail aux pièces:

0 fr. 10 par moule au-dessous de 50 moules;

0 fr. 05 par moule au-dessus de 50 moules.

Réponse des patrons. — 1° Non. Les formalités d'embauchage résultent d'une entente entre tous les indus-

(*) A titre de renseignement, le boni donné de la main à la main n'est jamais inférieur à 0 fr. 50 par jour. Il dépasse rarement 1 franc.

triels de Nouzon ; les avantages ou plutôt la sécurité qu'ils y trouvent expliquent leur refus catégorique.

2° Oui. Les patrons jugèrent ce sacrifice indispensable pour éviter un conflit qui certainement aurait dégénéré en grève.

3° Oui. Concession très peu importante de la part des industriels, puisque, pour la fonderie principale de Nouzon (Hardy-Capitaine), le nombre des ouvriers augmentés a été seulement de 7 (sur 320, tant mouleurs qu'employés divers).

4° Les patrons refusèrent d'abord de consentir aucune augmentation. Les ouvriers s'obstinèrent et, malgré les concessions faites au point de vue du relèvement du taux, ils parurent décidés à se mettre en grève. Cette grève partielle des mouleurs risquant d'entraîner un conflit général, les patrons se réunirent à nouveau et, après de longs pourparlers avec les ouvriers, ceux-ci acceptèrent une augmentation de 0 fr. 03 par moule au-dessous de 100 moules et rien au-dessus.

Depuis cette entente, les ouvriers paraissent calmés, et rien en ce moment ne fait prévoir un arrêt du travail.

Après ces quelques renseignements généraux, nous allons décrire succinctement quatre des plus importants ateliers de forges des Ardennes : Vve Soret et Cie, Hardy-Capitaine, Thomé-Genot, et les Annexes à Levrézy des Boulonneries de Bogny.

SOCIÉTÉ V[ve] SORET ET C[ie].

Historique. — Cette usine se trouve située à la Cachette, dans la vallée de la Gouttelle ; elle est desservie par le chemin de fer à voie étroite de Nouzon à Gespunsart.

Il y a un siècle environ, il y avait en cet endroit un moulin à farine actionné par la chute d'eau du ruisseau ; ce moulin fit place dans la suite à une petite forge, avec

foyers primitifs et laminoir. Puis on installa un petit haut fourneau dont les traces ne sont pas disparues depuis bien longtemps. Le minerai venait de Poix et d'une minière dont on voit encore des vestiges aux environs de Neufmanil. On laminait des fers plats et on en faisait des fers « fendus » à « la fenderie », aux dimensions voulues pour les besoins locaux (clous, etc.). On se mit ensuite à fabriquer des outillages de forge, pièces diverses très simples, au moyen de marteaux actionnés par des cames mues à l'eau, dits « mackaux », qui existent d'ailleurs encore dans certains ateliers des Ardennes. Vers 1848, on forgea des enclumes, tampons de wagons et quelques outillages.

Le fondateur de l'usine actuelle fut un nommé Drumeau, auquel succédèrent, de beau-père en gendre, MM. Petit, Soret et Hennecart. Les propriétaires actuels sont Mme Vve Soret, M. Hennecart et M. Giron. C'est en 1874 que M. Soret prit l'affaire et la développa énormément en ajoutant aux articles précédents la fabrication des crics, ferrures de wagons, d'artillerie, etc. Il agrandit les usines et installa de puissants pilons, jusque 10 tonnes de masse tombante.

Usines. — Actuellement, il y a environ 250 ouvriers, dont deux cinquièmes à l'atelier des forges et trois cinquièmes à l'atelier de finissage.

La force motrice est fournie par une machine à vapeur Corliss de 175 chevaux et par deux roues hydrauliques, qui vont d'ailleurs être remplacées par deux turbines pouvant fournir une centaine de chevaux.

Il existe pour l'éclairage deux dynamos, l'une affectée à l'usine et mue par la machine, l'autre spéciale à la maison d'habitation, actionnée par une petite turbine.

La *forge* comprend 16 marteaux-pilons à vapeur de 800 kilogrammes à 10 tonnes, 8 moutons de 400 à 800 kilogrammes, 5 fours à souder, dont les flammes perdues

servent à chauffer des chaudières de Naeyer, 5 fours à coke, enfin des presses à découper, des cisailles et des scies à chaud.

L'*atelier de finissage* comprend :

5 raboteuses ayant jusque 4 mètres de course ;

10 fraiseuses ;

6 étaux-limeurs ;

30 tours, tant parallèles qu'ordinaires ;

70 perceuses ;

Des machines à tailler les engrenages, les crémaillères et les pignons, des scies, des meules émeri et grès, des machines spéciales à essayer les crics, et une machine pour essais à la traction pouvant aller jusqu'à 75 tonnes.

On fabrique en grand des ferrures de wagons, de locomotives, des pièces pour l'artillerie, des voies à traverses métalliques, etc.

La fabrication des enclumes, qui est une spécialité de la maison, a été décrite par M. Nivoit ; nous ajouterons seulement que l'usage se répand aujourd'hui de faire les mises, non plus à l'aide de petits bouts d'acier, mais avec une feuille d'acier que l'on soude directement sur l'enclume. Il semble cependant que le premier procédé soit encore préférable.

L'usine a fabriqué dans ces temps derniers une grande quantité d'essieux pour les caissons du canon Rimailho.

Nous signalerons enfin la fabrication brevetée de trucks transporteurs de wagons à voie normale sur lignes à voie étroite (*).

HARDY-CAPITAINE ET Cie.

La maison Hardy-Capitaine, fondée à Nouzon en 1852, comprend deux divisions principales : d'une part, les ate-

(*) Voir *Bulletin technologique* n° 5 (mai 1895) *de la Société des Anciens Elèves des Ecoles d'Arts et Métiers.*

liers de forges et, d'autre part, la fonderie de fonte malléable. Nous étudierons cette seconde partie dans le chapitre de la fonderie.

Les fondateurs furent deux ouvriers forgerons, Hardy-Capitaine et Crépel père ; le propriétaire actuel est M. Crépel fils, gendre de M. Hardy-Capitaine. La maison a débuté par la fabrication des ferrures de wagons ; ce n'est que plus tard que fut créée la fonderie.

Ateliers de forges. — Le nombre des ouvriers actuellement employés est de 120 environ, tandis qu'il était de 300 en 1900. Cela tient à la crise qu'a subie cette industrie dans ces dernières années, crise dont nous avons longuement parlé dans les généralités. Depuis un an le trafic a repris avec vigueur, et, comme chez les concurrents, il y a maintenant une avance de commandes pour plus d'un an.

L'usine s'approvisionne en fers finis aux forges de Sedan, de Champagne et de Manois, en aciers à Longwy, en blooms Thomas au comptoir, à Denain, à Imphy, aux forges du Nord-Est ; aucun achat de matières premières n'est fait à l'étranger, sauf pour les charbons qui viennent de Belgique par bateau.

Les produits fabriqués ont leurs débouchés auprès des Compagnies de chemins de fer, de la Marine militaire et de l'Artillerie. On fabrique en grand les ferrures de wagons de tous genres, sauf les tampons.

Forge proprement dite. — Elle comporte le matériel suivant :

1 pilon de 4.000 kilogrammes ;
1 pilon de 3.000 kilogrammes ;
6 pilons de 1.800 kilogrammes ;
5 pilons de 800 à 1.000 kilogrammes ;
1 pilon à double effet de 350 kilogrammes ;
5 fours à réchauffer ;
40 feux de forge ;

3 cisailles.

Étudions, par exemple, la fabrication d'un triangle de frein, article courant de la maison.

Cette pièce se fabrique en trois parties (*fig.* 2) : deux pièces A et une pièce B, réunies par des soudures en amorce, le tout étant symétrique par rapport à l'axe *xy*.

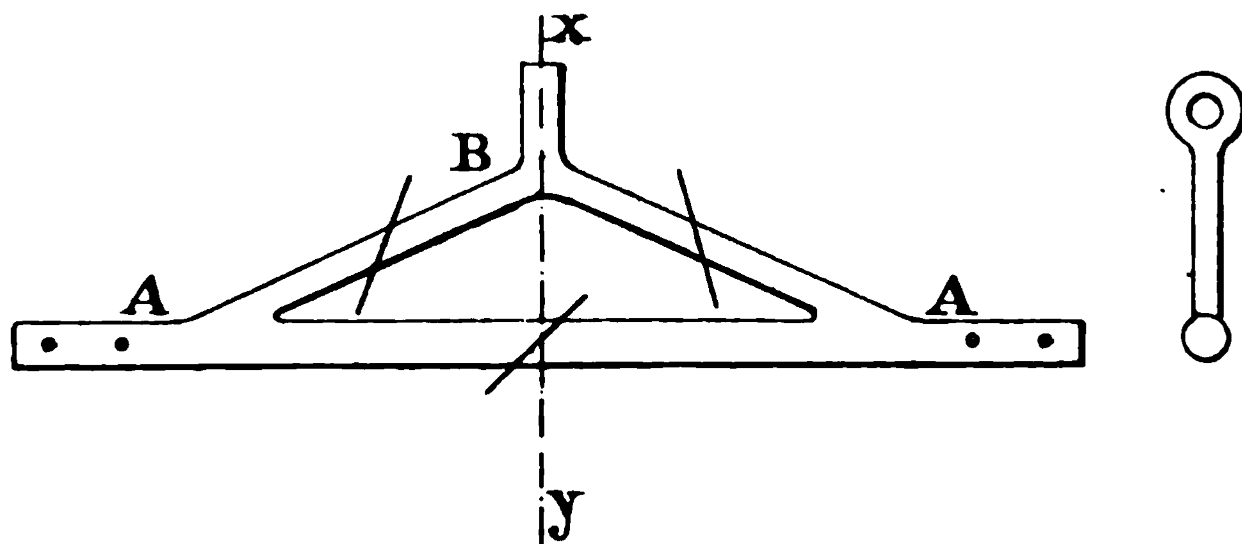
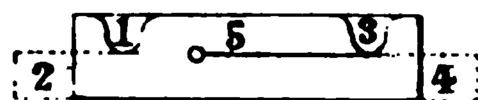


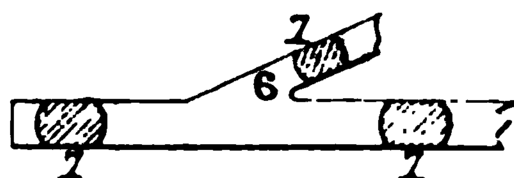
Fig. 2.

1° Confection d'une pièce A : on part d'un fer plat auquel on fait subir la série d'opérations suivantes, numérotées sur les croquis (*fig.* 3) :

1° Dégorger; 2° étirer; 3° dégorger ; 4° étirer ; 5° percer un trou au moyen d'un poinçon et fendre ; 6° relever la branche ; 7° étirer les trois branches suivant une forme méplate ; 8° matricer.

Il ne reste plus qu'à ébarber et fabriquer les amorces des soudures pour l'assemblage.





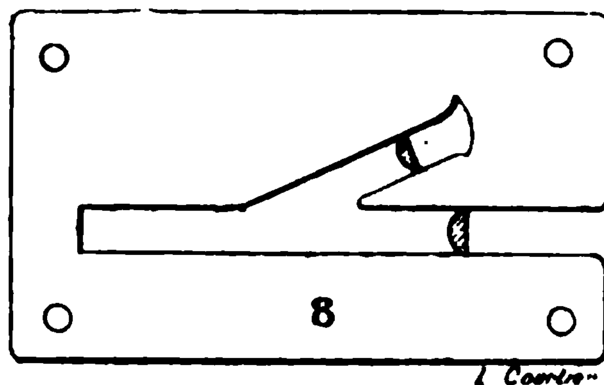


Fig. 3.

2° Confection d'une pièce B (*fig.* 4) :

On part d'un fer plat ou carré : — 1° ébaucher la tête ;

2° percer et fendre à l'aide d'une tranche; 3° ouvrir les branches et marteler suivant une section méplate; 4° matricer; 5° ébarber et amorcer.

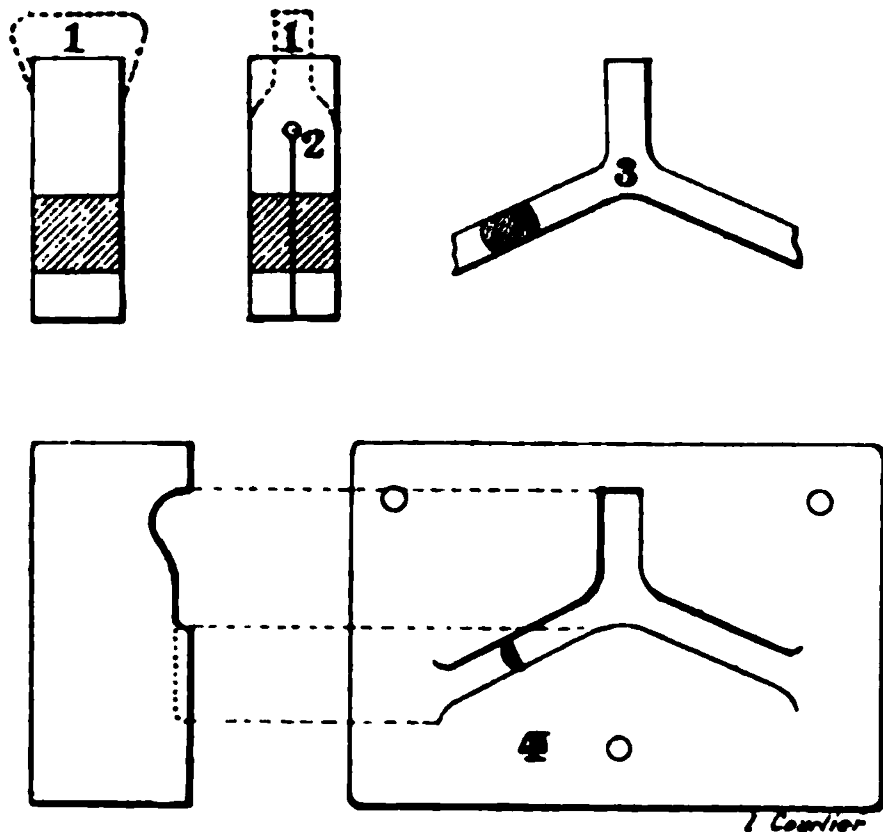


Fig. 4.

3° Confection du triangle : on soude d'abord les deux pièces A ensemble, puis celles-ci à la pièce B.

Atelier d'ajustage. — La force motrice est fournie par une Corliss de 200 chevaux, desservie par deux générateurs à bouilleurs et trois semi-tubulaires dont l'ensemble peut atteindre une puissance de 400 chevaux.

L'atelier d'ajustage comprend :

93 machines-outils diverses ;

1 machine à essayer ;

11 meules émeri et grès des Vosges.

L'usine se distingue, chose rare dans les Ardennes, par l'ampleur de ses installations (12.000 mètres carrés de terrain, dont 8.000 couverts). Nous signalerons également sa bonne tenue.

Remarque. — Pour donner une idée de la crise subie dans ces dernières années, il suffit de se rapporter aux

chiffres suivants :

1904-05......	92 ouvriers ;	chiffre d'affaires	405.000	francs
1900-01......	270 —	—	1.218.000	—

ATELIERS THOMÉ-GENOT.

Les ateliers Thomé-Genot comprennent deux usines :

1° L'atelier des forges et d'ajustage, à Nouzon ;

2° L'atelier d'emboutissage, à la Forge.

On y fabrique en grand la ferrure de wagons et de tenders ; on y fait aussi quelques pièces d'artillerie, d'automobiles et de locomotives.

Forge. — Elle comprend :

1 pilon à simple effet de 7 tonnes ;

1 pilon à simple effet de $3^t,5$;

2 pilons à simple effet de 2 tonnes ;

2 pilons à simple effet de $1^t,5$;

16 pilons à simple et double effet de 7 à 800 kilogrammes.

L'appareil le plus intéressant est une presse à forger hydraulique de 500 tonnes (*fig.* 5).

Elle comprend, d'une part, un cylindre à vapeur vertical inférieur, commandant directement le piston d'un cylindre à eau supérieur ; celui-ci est en relation par une conduite avec la presse proprement dite. Un seul robinet de manœuvre permet d'admettre la vapeur dans le cylindre à vapeur et de mettre en même temps la presse en communication avec le cylindre à eau sous pression ; dans une autre position, ce robinet coupe l'admission de vapeur et isole le cylindre à eau, tandis qu'il met en communication la presse avec le réservoir à eau.

La commande de la presse se fait à l'aide de deux petits cylindres à vapeur supérieurs ; la masse est suspendue par les deux tiges de piston et est guidée par

quatre colonnes verticales. La distance entre les deux plateaux est de $1^m,200$. Pour fixer la hauteur des outillages, il faut tenir compte de ce que la course de la presse est de 400 millimètres maximum ; par conséquent, l'outil supérieur et l'outil inférieur doivent avoir une hauteur minimum d'ensemble de 1200 — 400 = 800 millimètres, pour que la course soit limitée avec sûreté dans sa position la plus basse.

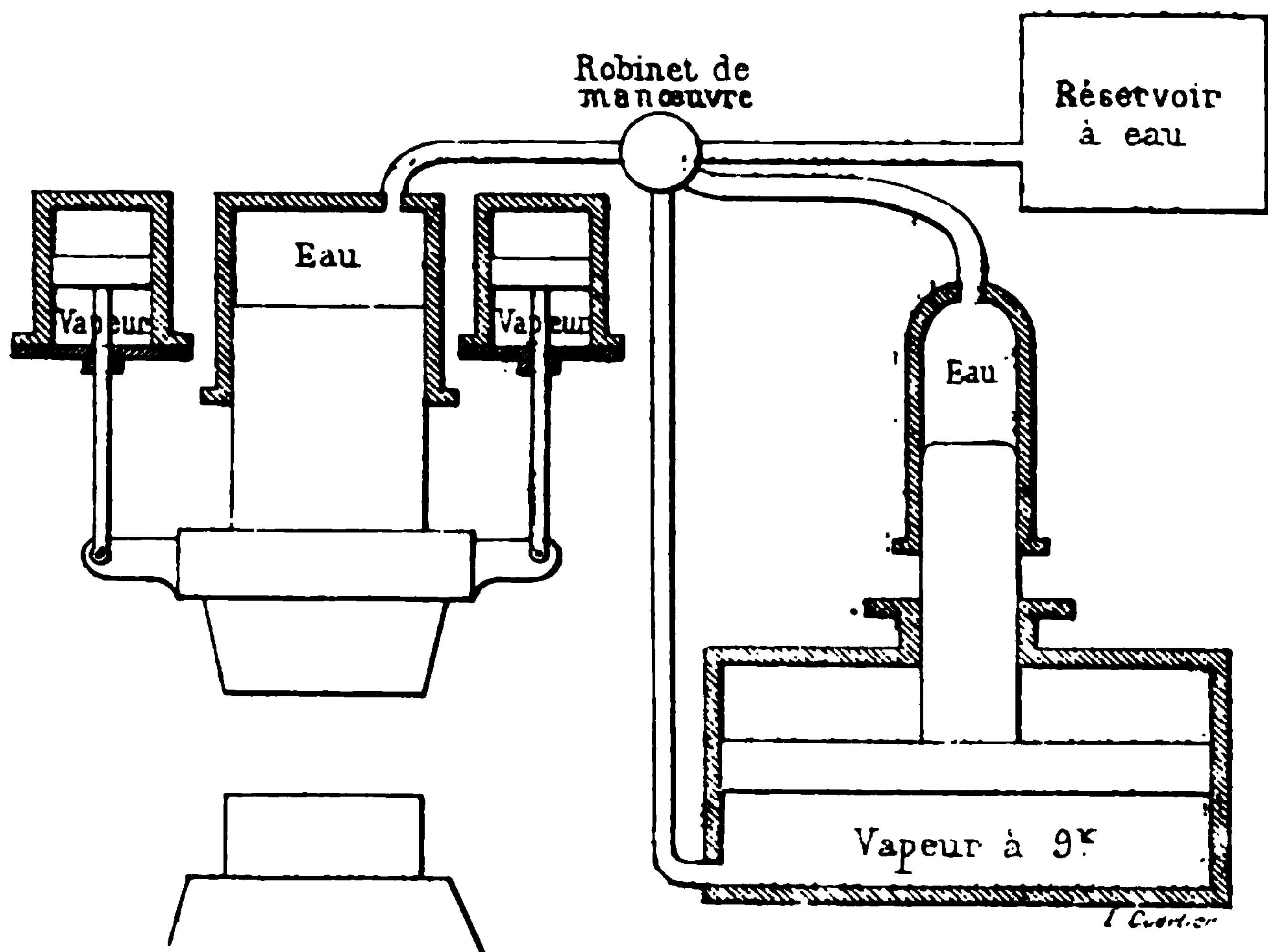


Fig. 5. — Schéma de la presse hydraulique.

L'atelier comprend encore une presse triple, capable de couper du 100^2 à froid, 6 fours à souder et 1 four à coke.

Fabrication d'une maille d'arrière de « tendeur d'AV de tender » (*fig.* 6). — La série d'opérations à effectuer est la suivante (*fig.* 7) :

On part d'un bloom carré de 120 environ : 1° dégorger la grosse tête ; 2° étirer à la dimension de la petite tête ; 3° dégorger la petite tête ; 4° étirer le corps suivant une

section méplate; 5° matricer en deux ou trois opérations avec ébarbage entre chacune d'elles.

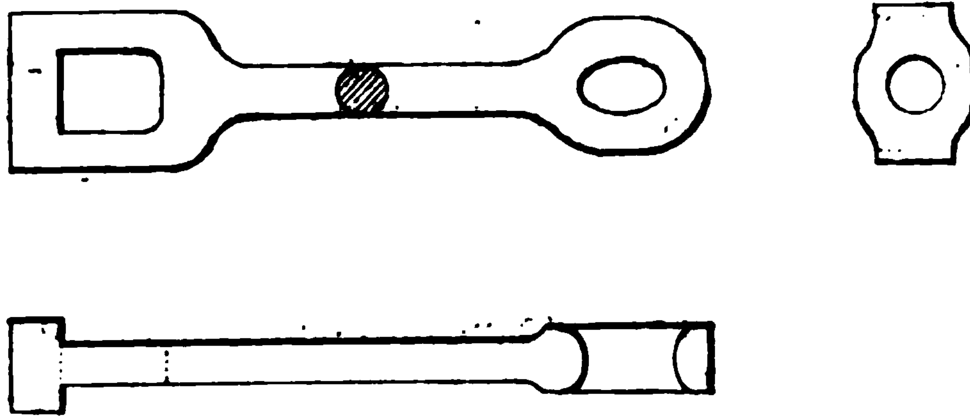


FIG. 6.

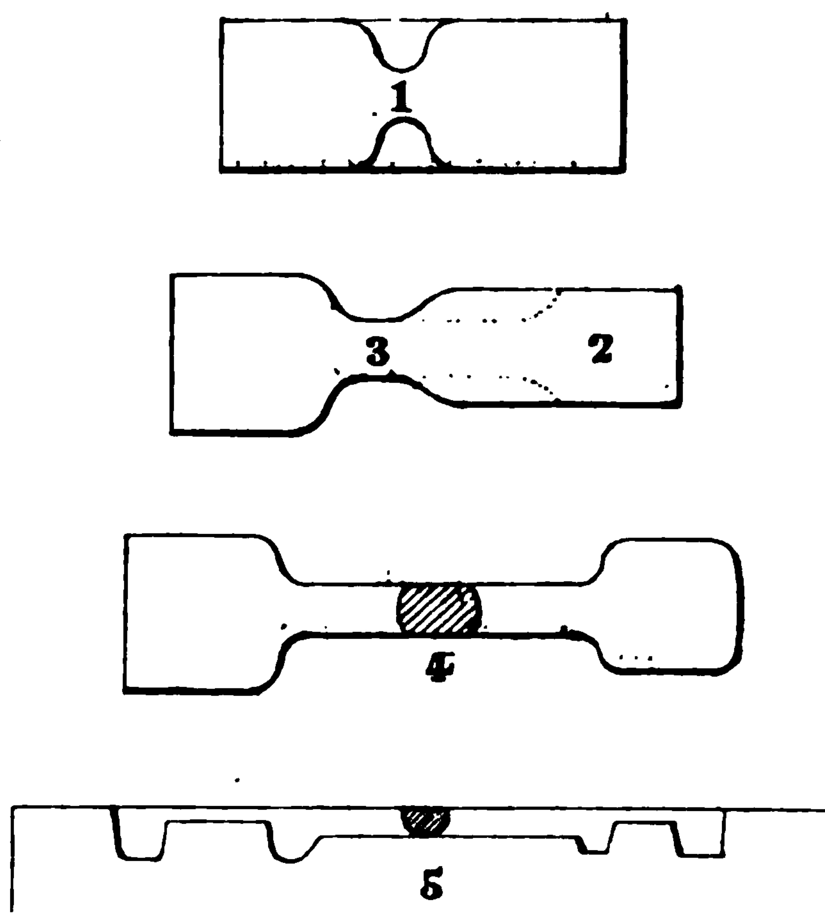


FIG. 7.

Ajustage. — L'atelier comprend :

7 fraiseuses ;

2 étaux-limeurs ;

7 machines à raboter ;

6 mortaiseuses ;

15 tours, parallèles et ordinaires ;

30 perceuses ;

4 meules émeri et 4 meules grès.

Enfin, nous signalerons l'emploi du burin pneumatique et une machine à essayer de 50 tonnes.

La force motrice est fournie par une machine de 250 chevaux de la maison Crépelle et Garand, alimentée par une chaudière semi-tubulaire.

La machine actionne par courroie un compresseur d'air à injection d'eau, donnant de l'air à 7 kilogrammes de pression.

Atelier d'emboutissage de la maison Thomé-Genot. — Cet atelier forme un chapitre à part dans celui des forges, et nous le plaçons ici pour le rattacher à la maison Thomé-Genot qui l'a fondé. De création récente, cet atelier est rigoureusement fermé aux visiteurs; nous devons à M. Tacussel, administrateur délégué de la Société, d'y avoir été introduit; c'est de lui-même et du directeur de l'usine, M. Valaize, que nous tenons les renseignements détaillés qui vont suivre et dont le puissant intérêt n'échappera à personne.

Qu'est-ce d'abord que l'emboutissage? Par ce mot on entend dans un sens très général la déformation donnée par une presse à une feuille de tôle plus ou moins épaisse pour en faire des pièces de complication très variable. Un exemple simple est la traverse de chemin de fer que l'on fait dans toutes les aciéries. La maison Arbel fabrique également, à un degré de complication déjà supérieur, le châssis d'automobile. La maison Thomé-Genot emboutit, elle aussi, des pièces relativement simples, telles que des portes de wagons à marchandises. Mais, à côté de cet emboutissage élémentaire, elle fabrique des pièces beaucoup plus complexes, telles que tubes de bicyclettes, supports de marchepieds, carters, boites à graisse, etc. Partir d'une simple feuille d'acier et en quelques coups de presse, à froid, fabriquer une boite à graisse de chemins de fer identique à celles que l'on coule en fonte, voilà un travail intéressant, digne de fixer l'attention.

Avant d'entrer dans le détail de la fabrication, faisons un court historique de la question.

C'est d'Allemagne qu'est venue cette idée de l'emboutissage, dont le développement s'est accru d'une façon remarquable en Westphalie depuis une dizaine d'années. Il n'y a guère que quatre ans qu'on eut vent en France du degré de complication auquel on pouvait arriver; quelques industriels français commandèrent en Allemagne des pièces embouties et furent étonnés des résultats que l'on pouvait obtenir; on étudia la question, on envoya des ingénieurs en Westphalie, on profita en un mot de la longue expérience qu'avaient déjà les Allemands. C'est après plusieurs de ces voyages, à la suite d'essais répétés et d'études approfondies, que la maison Thomé-Genot est arrivée à créer le premier atelier d'emboutissage complexe, dont le brevet pris aussitôt par la maison lui assure le monopole de cette fabrication en France.

On peut se demander quels sont les avantages de ce procédé : le premier, autour duquel gravitent tous les procédés de fabrication, c'est l'abaissement du prix de revient. Le but de l'emboutissage est de fabriquer en acier doux des pièces que jusqu'alors on n'a pu faire qu'en fonte malléable ou en acier coulé. Un autre résultat est de donner des pièces beaucoup plus légères et toujours plus solides que celles en fonte malléable; la main-d'œuvre est insignifiante, elle n'exige pas d'ouvriers spéciaux comme le moulage, en un mot le procédé permet de livrer des articles meilleurs et à plus bas prix.

Voyons maintenant quel est le principe de l'emboutissage. Pour mieux nous faire comprendre, nous prendrons comme exemple la fabrication d'un support de marchepied type P. O. n° 27, en tôle de $3^{mm},5$ (*fig.* 1 à 7, Pl. I).

Le marchepied type P. O. n° 27 est embouti à froid et d'un seul coup de presse. La presse hydraulique avec laquelle est effectué ce travail se compose d'un plateau

fixe C (*fig.* 1 et 2) et de deux plateaux mobiles D et E. Ces deux derniers plateaux peuvent agir soit ensemble, soit alternativement, selon les besoins.

L'outil d'emboutissage se compose d'une matrice A fixée sur le plateau fixe C et d'un poinçon B fixé sur le plateau mobile E. Ce poinçon est guidé entre deux joues F.

La tôle est tout d'abord découpée et pliée de certaines façons que nous verrons tout à l'heure et est alors placée sur le poinçon (trait fort des *fig.* 1 et 2). La presse est mise en mouvement de telle sorte que le poinçon B et les joues F montent ensemble. Les faces *a* et *b* des joues viennent alors presser la tôle contre les faces *c* et *d* correspondantes de la matrice A, et on fait exercer une pression que donne l'expérience des travaux d'emboutissage. Cette pression est très variable suivant les cas et dépend surtout de la forme de la pièce à obtenir et de la qualité de tôle employée.

Quand la pression désirée est obtenue, on la maintient constante pendant tout le reste de l'opération, qui consiste alors à faire agir seul le poinçon B. Sous l'action du plateau E qui monte, le poinçon B pénètre dans la matrice, entraînant avec lui la tôle, et c'est à partir de ce moment que se produit l'effet utile de ce presse-tôle que nous venons de décrire. La tôle est en effet retenue entre les faces *a* et *c*, *b* et *d*, de manière à ce qu'il ne pénètre dans la matrice que la quantité de tôle nécessaire, ce qui évite les surplis de tôle, et d'un autre côté cette retenue n'est pas trop forte, car une trop grande résistance occasionnerait des déchirures. *Il y a donc là un point très exact à obtenir.*

La *fig.* 3 montre la tôle subissant le travail d'emboutissage.

La tôle étant alors emboutie comme nous venons de le décrire, on voit que pendant toute l'opération elle a été

soumise à une pression qui, constamment et dans toutes ses parties, agissait suivant la direction des flèches φ (*fig.* 4). Il s'ensuit que la tôle n'a pas été pliée normalement à la face d'application (flèches ψ), mais bien suivant la direction des flèches φ, de sorte que, si l'on considère les fibres de la tôle dans les angles *m* et *n* (points dangereux), on comprend que ces fibres ont suivi les directions indiquées par les petits traits. C'est ce qui explique qu'il ne se produise pas de criques en ces points.

Comme, au début de l'opération, chaque point de la longueur de la tôle pénètre au même moment dans la matrice, il est évident que la partie en *yz* sera entièrement emboutie, alors qu'en *xy* et dans la patte la tôle ne sera pas encore entièrement transformée, et ceci en raison de la faible largeur du marchepied en cet endroit par rapport au restant. La tôle en cette partie ne serait plus alors maintenue par le presse-tôle et pourrait prendre dans la matrice une forme quelconque, telle, par exemple, que le montre la section *op* (*fig.* 5). C'est pourquoi on a été amené à donner à la découpe (*fig.* 6) la forme indiquée en ménageant les deux talons *g*, *h*. Pendant toute l'opération d'emboutissage, ces talons sont en prise dans le presse-tôle, et la pièce en cet endroit s'emboutit et conserve sa forme régulière.

Lorsque le poinçon arrive à fond de course, on exerce alors une pression finale, qui, dans la circonstance, doit être d'environ 150 kilogrammes par centimètre carré, de façon à ce que la tôle soit fortement pressée dans la matrice par le poinçon et à obtenir de ce fait des surfaces régulières et des angles tels qu'ils sont demandés. C'est pour obtenir cette régularité de finissage que l'on a disposé le profil du marchepied comme il est indiqué, la patte et la partie *yz* formant avec l'horizontale des angles de 45° (*fig.* 1).

Si nous mettions la tôle brute de découpe, c'est-à-dire

plane, sur le poinçon, on voit que ce serait d'abord le point *e*, puis le point *f* de la matrice (*fig.* 1) qui entreraient en contact avec la tôle ; on risquerait alors de voir cette tôle glisser dans un sens ou dans l'autre et, par suite, ne plus occuper la place que rigoureusement elle doit occuper quand les faces *a* et *c*, *b* et *d* sont entièrement en contact. C'est pourquoi, lorsque la tôle est découpée, on procède à un pliage indiqué *fig.* 7. La tôle ainsi préparée est alors placée sur le poinçon, comme nous l'avons dit plus haut (trait fort de la *fig.* 1).

Quelques expériences ont indiqué quelle forme absolument exacte on doit donner à la découpe pour que, la pièce sortant de l'emboutissage, il n'y ait plus, pour lui donner ses dimensions définitives, qu'à meuler la partie de la pièce qui doit s'appliquer sur le longeron de la voiture et arrondir les angles *m* et *n*.

Enfin, le travail subi par la tôle fait que celle-ci est quelque peu écrouie ; aussi, afin de rendre au métal ses caractéristiques primitives, on fait subir à toutes les pièces un recuit.

On conçoit qu'on ne puisse employer pour ce travail que de l'acier extra-doux ; on fait usage, en général, d'acier Martin à 45 kilogrammes de résistance et 30 à 34 p. 100 d'allongement. Pour les emboutis de grande profondeur, tels que les carters de tramways, on est obligé d'employer de l'acier venant de Westphalie, car on n'en trouve nulle part en France ayant les qualités voulues.

La maison Thomé-Genot reçoit des commandes de tous genres, mais elle n'opère que par grandes séries, car le montage d'une presse est toute une affaire. Ainsi, on a fabriqué, à titre d'échantillons, des boîtes à graisse pesant $6^{kg},5$ au lieu de 14 que pèsent celles en acier coulé, mais la maison a refusé la fabrication d'une commande dérisoire de 200 pièces qu'une Compagnie avait faite à titre d'essai. On peut prévoir, néanmoins, que la boîte à

graisse de l'avenir sera la boite emboutie, comme un certain nombre de pièces en fonte malléable(*).

FORGES DE L'ILE-DU-DIABLE, A LEVRÉZY.

Cette usine est une dépendance des boulonneries de Bogny. Elle comprend deux divisions : un atelier de forge et un atelier d'ajustage, occupant ensemble près de 200 ouvriers.

Cette usine tire son nom de ce qu'elle fut fondée à l'époque où le capitaine Dreyfus fut déporté à l'île du Diable; c'est par une circonstance analogue que la boulonnerie de Levrézy, dont il est parlé ailleurs, fut appelée Madagascar; l'usine Vauché, le Transwaal ,et l'usine Balteau, la Martinique. Chacune d'elles rappelle par son nom son époque de fondation, qui fut celle des événements historiques de ces derniers temps.

Entre les villages de Braux et Levrézy, sur la rive droite de la Meuse, s'étend une vaste prairie qui peut avoir 2 kilomètres de longueur sur 5 à 800 mètres de largeur. Cette prairie, divisée en une foule de lots, était la propriété d'habitants de Levrézy. Elle constituait, à proximité de la gare de Braux-Levrézy, un emplacement superbe pour l'installation d'une usine.

Pour établir celle-ci, il fallait d'abord remblayer la prairie, qui se trouvait de 2 mètres environ en contre-bas

---

(*) On trouvera au laboratoire de mécanique de l'École des Mines quelques échantillons de pièces embouties provenant de la maison Thomé-Genot. Ce sont d'abord quatre pièces montrant les phases successives de la fabrication de la douille de bicyclette dans laquelle glisse et tourne le guidon.

Cette pièce est vendue 0 fr. 50, alors qu'en fonte malléable elle vaut 0 fr. 85.

Une autre pièce représente un tube coudé à angle aigu, tel qu'on l'obtient brut d'emboutissage.

Une sixième, dont les soudures ont été faites au chalumeau oxyhydrique, a été martelée à dessein pour montrer la résistance de cette soudure.

de la route qui va de Braux à Levrézy. A cet effet un Decauville fut installé qui amena les déblais d'une carrière voisine en exploitation pour pierres à bâtir, dans le terrain dévonien en face du pont de Braux.

L'usine fut installée d'une façon toute moderne: elle comprend six bâtiments accolés, dont trois pour la forge, un central pour la force motrice, les bureaux et le matériel, deux pour l'ajustage. Ces derniers, destinés aux machines-outils, sont les mieux montés de la région et sont luxueusement aménagés avec plafond, revêtement et parquet dallé.

Forge. — On fabrique, comme dans les ateliers précédemment décrits, des pièces de chemin de fer et d'artillerie. La forge comprend à cet usage 14 pilons, dont 5 à double effet; les deux plus gros, à simple effet, ont 2.500 kilogrammes de masse tombante; ceci nécessite l'ébauchage de certaines pièces qu'avec de plus lourds pilons on pourrait matricer directement; aussi va-t-on installer prochainement un pilon de 5 tonnes. Il existe, en outre, 3 moutons de 1.000 kilogrammes avec mouvement de relevage à vapeur, système Bretts, et 2 martinets.

Outre le travail au pilon, on fabrique un grand nombre de pièces à la presse à friction. Dans beaucoup de cas les presses peuvent remplacer avantageusement les pilons et ceci pour différentes raisons :

1° On constate avec les presses une détérioration moins rapide des outils d'amarrage et des grues, tandis que les chocs des pilons écrouissent le métal des appareils;

2° L'encombrement des pilons est plus grand que celui des presses, et leur entretien est plus élevé ;

3° Les pilons détériorent plus rapidement les bâtiments;

4° Les résultats des essais mécaniques sur une pièce faite au pilon ou à la presse sont les mêmes dans les deux cas.

Les forges de l'Ile-du-Diable fabriquent à la presse, dans d'excellentes conditions, des ogives pour obus.

Pilons et machines à friction sont desservis par une douzaine de fours à souder dont les flammes perdues chauffent trois chaudières de Naeyer.

Enfin, l'atelier de forge comprend 4 cisailles et 6 presses, dont la plus grosse, formée de trois parties, se compose d'une partie médiane faisant cisaille et de deux parties latérales faisant presses.

L'ensemble est desservi par des fours à coke.

Atelier d'ajustage. — Nous ne pouvons entreprendre ici la description complète des machines-outils de tout premier ordre qui y sont installées.

Nous nous bornerons à dire que cet atelier est le mieux monté de toute la région.

La force motrice est fournie par deux machines à vapeur de 90 chevaux chacune, système Corliss, l'une pour la forge, l'autre pour l'ajustage.

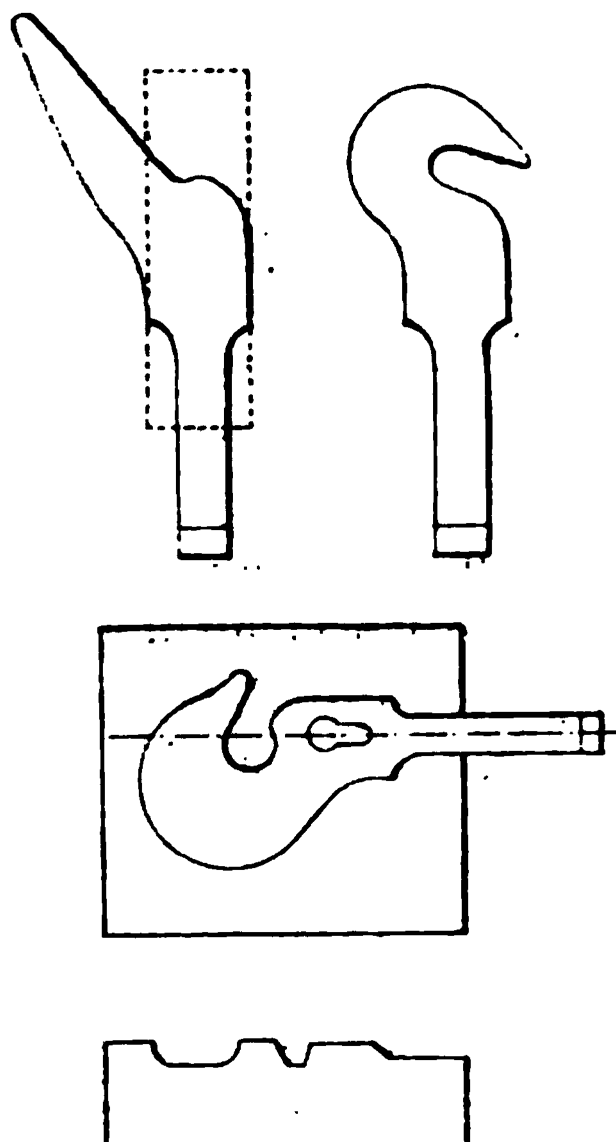


Fig. 8.

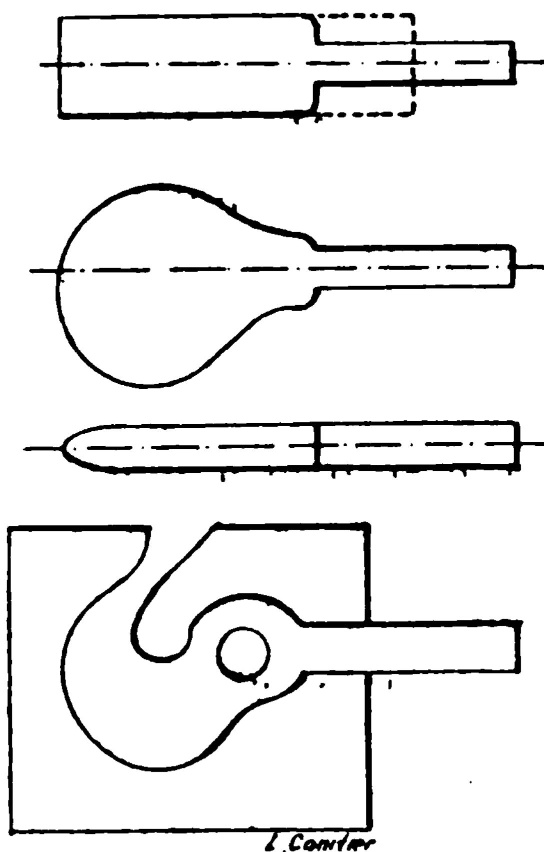


Fig. 9.

Enfin l'usine possède deux fours à cémenter.

Fabrication des crochets de traction. — Ceux-ci se font soit en fer, soit en acier :

1° Crochets en fer (*fig.* 8): on part d'une masse de fer carrée ou rectangulaire, on étire l'une des extrémités et l'on façonne l'autre en forme de coin, puis on ploie cette dernière en forme de crochet; l'ébauche ainsi obtenue est passée dans une matrice qui lui donne la forme définitive et amorce l'œil du crochet. La tige est tournée, puis taraudée.

2° Crochets en acier (*fig.* 9) : comme précédemment, on étire la tige; puis on platine l'autre extrémité, et la palette obtenue est passée après réchauffage dans une matrice analogue à celle du premier procédé.

III. — LA BOULONNERIE.

L'histoire de la boulonnerie dans le département des Ardennes remonte à la première moitié du siècle précédent; son développement fut particulièrement facilité par la création de la voie ferrée Charleville-Givet vers 1850. Elle semble être la conséquence naturelle d'une plus vieille industrie, celle de la clouterie. « Cette dernière, introduite dans les Ardennes en 1468 par les Liégeois, a débuté par la fabrication des clous forgés à la main ; en 1827, la clouterie mécanique fut importée d'Angleterre et fit à la clouterie à main une concurrence redoutable et même mortelle (*). » Dans son ouvrage sur *l'Industrie des Ardennes*, M. Nivoit a décrit en détail la fabrication mécanique des clous; nous n'avons rien à y ajouter; nous mentionnerons seulement, comme principales clouteries, celles de MM. Gailly frères, Husson à Charleville, de la Société Lefort et Cie à la Forge, à Mohon et à Saint-Marceau.

(*) MEYRAC, *Géographie illustrée des Ardennes.*

Tout autre a été l'évolution de la boulonnerie. Elle aussi a débuté par la fabrication des boulons à la main. En consultant l'ouvrage de M. Nivoit (p. 229), on voit qu'en 1869, époque où fut écrit ce livre, il n'était nullement question de la fabrication mécanique des boulons. Tout ce qui existait dans ce sens, c'étaient simplement des ateliers de filetage des boulons et de taraudage des écrous. Disons tout de suite que ces ateliers semblent n'avoir subi presque aucun perfectionnement.

D'ailleurs, la fabrication du boulon à la main est loin d'être disparue. Encore aujourd'hui « un grand nombre d'ouvriers, surtout dans la vallée de la Semoy, travaillent chez eux, et ils envoient aux usines le boulon prêt à être fileté et l'écrou prêt à être taraudé ». Toutefois il faut signaler la disparition des petites tarauderies à main que les femmes manœuvraient chez elles, tout en vaquant aux occupations de leur ménage.

Dans les grandes usines également, on fait encore le boulon à la main, quand la commande ne vaut pas la peine de monter un outil spécial, ce qui exigerait une perte de temps supérieure à celui qu'emploierait un ouvrier pour fabriquer une cinquantaine de boulons. L'ouvrier à la main, en effet, n'a recours à personne; il coupe son fer lui-même, fait son boulon, lequel n'a besoin d'aucun ébarbage.

Mais aujourd'hui la majeure partie des boulons se fabrique mécaniquement. Et il convient de faire dans cette fabrication mécanique deux divisions qui sont le simple résultat des progrès réalisés dans cette voie : d'une part, la boulonnerie mécanique ordinaire, de beaucoup encore la plus répandue ; d'autre part, la boulonnerie perfectionnée, faisant usage de machines américaines, dont le brevet acheté par la maison Maré, Gérard et Mialaret, de Bogny, assure à celle-ci le monopole de la grande fabrication ardennaise.

La conséquence naturelle de l'industrie mécanique du boulon a été la création d'usines importantes, qui font que cette phrase de M. Nivoit a perdu beaucoup de sa signification : « La boulonnerie est une industrie essentiellement philanthropique, car elle n'agglomère pas les hommes dans de grands centres, et elle procure du travail aux femmes et aux enfants. » Cette dernière partie est exacte encore, puisque tout le travail de filetage et de taraudage est exécuté par des femmes : mais, dans les trois pays de Braux, Levrézy et Château-Regnault, on peut compter plusieurs usines occupant en moyenne 200 ouvriers ; nous citerons, par exemple, la Manufacture ardennaise avec ses deux usines de Braux et de Levrézy, la maison Mernier frères et la maison Marcadet. D'autres sont moins importantes, comme celles de Péchenart Paul à Braux, Vve Pierret à Levrézy, Péchenart et Vasson à Château-Regnault, occupant chacune une cinquantaine d'ouvriers. Mais la plus importante de beaucoup est celle des Boulonneries de Bogny, qui donnent du travail à plus de 800 ouvriers, hommes et femmes. La vallée de la Semoy elle-même, qui semble être restée l'apanage des petites boulonneries, compte plusieurs usines importantes, entre autres la maison Mangon et Rousseau à Thilay et la maison Laurent à Linchamps.

En résumé, le développement de l'industrie des boulons a été considérable depuis un demi-siècle. La concurrence française est celle du Nord, qui peut fabriquer à meilleur compte que les Ardennes pour différentes raisons. D'abord, il a sur place une matière première essentielle, la houille, et l'admirable réseau fluvial de cette région permet d'amener les fers et aciers à meilleur compte que dans les Ardennes ; enfin, la main-d'œuvre y est beaucoup moins chère, car les ouvriers sont pour la plupart des Belges, qui ont domicile en Belgique et viennent chaque jour à leur travail, apportant avec eux

leur nourriture; ces gens vivent donc à bon marché, aussi travaillent-ils à plus bas prix que l'ouvrier des Ardennes. Celui-ci, d'ailleurs, devient chaque jour plus exigeant, conséquence naturelle de l'évolution sociale. Certes, n'est pas boulonnier qui veut ; ce sont pour la plupart des ouvriers habiles, possédant au plus haut degré ces qualités bien ardennaises, la vivacité du mouvement et la promptitude du coup d'œil, et c'est sans doute grâce à ces aptitudes spéciales de la race que la boulonnerie a pris un si grand développement dans le département ; mais on peut dire déjà que cette industrie souffre de la concurrence du Nord et que le facteur principal de cette infériorité est dans le salaire des ouvriers.

C'est un fait notoire que cette région, qui fut le berceau de la boulonnerie, est celle où l'ouvrier gagne le plus d'argent. Que l'on remonte la Meuse vers Nouzon et Charleville, ou qu'on descende sur Vireux et Givet, on constatera d'une façon générale des salaires moins élevés qu'aux environs de Chateau-Regnault. Mais aussi, disons-le, c'est ici qu'on mène la vie la plus large ; cette classe laborieuse aime le bien-être, elle dépense sans compter et semble méconnaître l'économie ; nous ne lui en ferions pas un reproche, si cet argent, qui lui coule si facilement entre les doigts, ne contribuait à développer dans des proportions effrayantes les progrès de l'alcoolisme.

Ici, j'ouvre une parenthèse, et sans prétendre venir, après tant d'autres, prêcher contre l'abus de l'alcool, je vais montrer, par quelques chiffres, les proportions que ce mal atteint déjà dans la vallée de la Meuse.

Nos recherches sur la consommation de l'alcool ont porté sur trois pays : Nouzon, Chateau-Regnault et Revin.

Pour Nouzon, dont la population est de 8.000 habitants environ, voici quelle a été la consommation de boissons

dans l'année 1906 :

Bière..............................	15.598 hl,58
Vins en fût........................	3.668 hl,37
Eau-de-vie (en moyenne à 45°).....	964 hl,17
Vins de liqueurs (vermout, byrrh, malaga, etc.)....................	101 hl,32
Vins en bouteilles.................	4.609 bouteilles

La commune de Chateau-Regnault a payé, comme droits d'alcool, pour une population de 3.500 habitants, en 1904, 44.936 fr. 36, et en 1905, 45.886 fr. 74 ; à 2 fr. 20 par litre d'alcool pur, ceci fait par habitant et par année une moyenne de 6 lit,5 d'alcool pur, soit environ 13 litres d'alcool à 49° ; si l'on défalque de ces 3.500 habitants ceux qui n'en font qu'une consommation insignifiante, on voit quel chiffre on peut atteindre pour une catégorie d'individus. Et notons encore que ces chiffres ne se rapportent qu'à l'alcool consommé dans les cabarets, dont on peut fixer le nombre à 60 environ pour cette seule commune.

Malgré les mesures prises dans les usines contre l'abus de boissons alcooliques, on n'arrive pas à empêcher l'entrée de celles-ci à l'intérieur des ateliers. En guise de café, on a vu introduire dans les usines, sous le nom de « café infernal », un produit fabriqué avec de l'alcool bouillant au lieu d'eau.

Passons maintenant à Revin, le pays des fondeurs. On a fait à Revin (*), dans une de ces dernières années, 17.025 hectolitres de bière. Si de ce chiffre on défalque l'exportation d'abord, on trouve un minimum de 348 litres par tête d'habitant, et, si on retranche encore la fourniture aux particuliers, on obtient 14.800 hectolitres qui, vendus au détail, dans les débits, à raison de 35 francs au moins, produisent la somme ronde de 518.000 francs.

On a consommé sur place 278 hl,45 d'alcool à 100°, soit

(*) Communiqué par M. le Dr Séjournet.

5^{lit},93 ou, en chiffres ronds, 6 litres par habitant. Cette quantité d'alcool, défalcation faite de ce qui peut rentrer chez les particuliers, représente 52.500 litres d'eau-de-vie à 45° qui, vendus au bas mot 2 francs au détail, valent 105.000 francs.

Sans tenir compte des 1.041 hectolitres de vin et de 22 hectolitres de cidre, dont on ne consomme guère dans les cabarets, si on additionne les produits de la vente au détail, de la bière et de l'eau-de-vie, on arrive à la somme de 623.000 francs qui, partagée entre 1.500 consommateurs au plus, représente une dépense inutile, on peut même dire désastreuse, de 415 francs par tête.

Les terribles conséquences de l'alcoolisme se font naturellement sentir. D'après M. le Dr Séjournet, à Revin, sur 17 individus qui ont succombé à la pneumonie, 3 étaient alcooliques, et, sur 96 phtisiques, 28 ont succombé à la tuberculose par alcoolisme.

Revenons, après cette digression, à des considérations d'un autre ordre. Question d'alcoolisme mise à part, la région de la boulonnerie est des plus florissantes ; les fêtes y sont très en vogue et se chiffrent par village à trois et quatre par an. A coup sûr, ce n'est pas pour l'ouvrier des Ardennes que le repos hebdomadaire a dû être voté, car nul ne travaille le dimanche, et presque partout on ne travaille qu'une demi-journée le lundi.

Pour éviter aux ouvriers insouciants du lendemain la misère qui les guette aux jours de maladie ou de vieillesse, les patrons ont pris depuis longtemps l'initiative d'institutions en leur faveur. Dans les grandes usines mentionnées plus haut, il existe des caisses de retraites et de secours. Voici, par exemple, les œuvres sociales et philanthropiques établies par la Manufacture ardennaise.

1° *Participation aux bénéfices*. — Faisant entrer le montant des salaires en ligne de compte, on a remarqué qu'il représentait le dixième de la valeur du capital, et

par suite on lui a attribué cette part proportionnelle dans les bénéfices, laquelle part a été répartie comme suit :

De 1887 à 1904.	Gratifications au personnel......	141.327 fr.
—	Dotations à la Caisse des retraites.	102.023 fr.
—	Dotations à la Caisse de secours..	15.101 fr. 62
—	Livrets de vieillesse.............	5.006 fr. 80
	Total............	263.458 fr. 42

2° *Caisse de retraites.* — Le capital de cette caisse a été fixé à 100.000 francs, servi exclusivement par la participation. La caisse est alimentée par les intérêts de son capital à 4 p. 100 et par les bénéfices annuels de la participation.

La retraite est fixée à 300 francs annuellement pour les hommes et 150 francs pour les femmes, et payable mensuellement à la caisse de la Société.

Les ouvriers ont droit à cette retraite à soixante ans d'âge et au bout de seize ans de service (les deux conditions réunies).

3° *Caisse de secours.* — La Caisse de secours possède actuellement un capital de 11.300 francs jugé suffisant. Cette caisse est administrée par un conseil mixte comprenant :

1° Le directeur-gérant, président; 2° cinq employés désignés par la Société; 3° cinq ouvriers nommés au scrutin par leurs camarades des usines.

Cette caisse distribue largement des secours dans les cas suivants : maladies, opérations chirurgicales, accouchements, aux réservistes pendant les périodes militaires, aux nécessiteux signalés par leurs collègues du conseil mixte.

En dehors de cette caisse, la Société assure tout son personnel contre les accidents du travail.

4° *Livrets de vieillesse.* — En plus des retraites accordées, garanties par un capital de 100.000 francs, et la

Caisse de secours étant largement dotée, les membres participants reçoivent un livret de la Caisse nationale des Retraites pour la vieillesse, sur lequel est porté l'excédent de bénéfices qui leur est attribué. L'usine a délivré, en 1903, 114 livrets à ses membres participants. Cette innovation donne à l'ouvrier le meilleur exemple de la prévoyance et de l'économie et l'engage à contribuer par ses versements particuliers à l'augmentation de sa retraite pour ses vieux jours.

Toutefois nous ferons observer que plusieurs de ces institutions vont sans doute être modifiées avec les nouvelles lois sur les retraites ouvrières. Les patrons qui avaient fondé de semblables institutions devront les ériger sur les bases nouvelles qui leur seront imposées.

En dehors des institutions patronales, il a été créé dans tous les villages des vallées de la Meuse et de la Semoy des Sociétés de secours mutuels, entre lesquelles règne une remarquable mutualité; que l'une d'elles, à la suite de maladies répétées et coûteuses, se trouve dans une situation critique, on voit toutes les sociétés de la région s'efforcer de relever leur sœur défaillante.

Ce ne sont pas seulement des œuvres de prévoyance et de secours qui ont été fondées, mais encore des œuvres de charité et de bienfaisance; nous voulons parler de la crèche Alexandre-Joseph, établie par les boulonneries de Bogny, où trois Sœurs de charité payées par les patrons ont mission de s'occuper des enfants en bas âge dont les mères travaillent aux ateliers, et dont le nombre s'élève à 200 environ. Outre cela, il y a à la crèche une pharmacie et deux chambres pour blessés en cas d'accidents.

Dans un but de solidarité encore, il a été créé dans la plupart des villages industriels de la vallée de la Meuse des Sociétés de musique et des Sociétés chorales qui ont pris part avec succès à plus d'un concours, tant en France qu'à l'étranger, notamment en Belgique.

Après cette vue d'ensemble, nous allons étudier dans le détail la fabrication du boulon ; nous ferons pour cela trois divisions :

La boulonnerie mécanique ordinaire ;

La boulonnerie américaine ;

La boulonnerie de précision.

Enfin nous rattacherons à ce chapitre l'article de voiture, dont la fabrication est aussi une spécialité de la région.

§ 1. — LA BOULONNERIE MÉCANIQUE ORDINAIRE.

LA MANUFACTURE ARDENNAISE.

La Manufacture ardennaise de Braux remonte à 1820, époque à laquelle M. Miette-Mabille fonda les établissements qu'il transmit ensuite à ses fils (Miette frères).

En 1884 fut fondée la Société actuelle avec M. Emile Despas comme directeur-gérant. Depuis cette date, les établissements vont sans cesse en s'agrandissant et finissent par prendre une extension telle qu'aujourd'hui on peut les classer au premier rang des usines similaires.

La Manufacture ardennaise possède deux établissements, l'un à Braux et l'autre à Levrézy, séparés par la Meuse et distants de 1 kilomètre. Le chemin de fer de Paris-Givet-Bruxelles passe à proximité des usines, gare de Braux-Levrézy, et peut permettre à l'avenir le raccordement.

Les usines de Braux et Levrézy occupent une surface couverte de plus de 7.000 mètres carrés, laissant la même surface disponible pour agrandissements.

La production en boulons, écrous, rivets, ferrures diverses et vis à bois se monte à 7 à 8.000 tonnes par an, pour un chiffre d'affaires moyen de près de 3 millions de francs.

La force motrice hydraulique de la Meuse jointe à celle de la vapeur pour la mise en mouvement du matériel nécessaire à cette production est d'environ 1.000 chevaux.

Nous avons signalé précédemment les œuvres sociales et philanthropiques instituées dans ces usines. L'organisation du travail y est digne d'attirer l'attention. Le service de dix heures pour la durée du travail y a été mis en pratique le 1er décembre 1885 et a toujours fonctionné à la satisfaction générale.

Usine de Levrézy, dite « Madagascar ». — Nous avons expliqué ailleurs l'origine de cette dénomination. Cette usine comprend quinze corps de bâtiments juxtaposés et reçoit la force motrice de deux turbines à eau de 150 chevaux chacune ; elle comprend trois divisions : la forge, la boulonnerie et la visserie. La première est moins importante que celles décrites dans le chapitre précédent ; on y fabrique surtout des tendeurs pour chemins de fer.

La boulonnerie et la visserie sont desservies chacune par une turbine. La chute d'eau, de 2 mètres de hauteur, est fournie par une dérivation de la Meuse prise au-dessus du barrage. Les turbines ont été fournies par la maison Georges, de Saint-Dizier : celle de la boulonnerie attaque directement l'arbre général de transmission ; l'autre est reliée à la visserie par un câble métallique de 200 mètres de longueur.

L'hiver, quand on enlève les aiguilles du barrage, ainsi qu'au printemps, pendant la période de chômage de la navigation, les turbines, ne pouvant plus fonctionner, sont remplacées par une machine Corliss.

Boulonnerie. — On emploie pour la fabrication des boulons des fers marchands généralement ronds, parfois carrés, suivant la spécialité.

Le fer est découpé à la cisaille à la longueur voulue ;

on emploie pour les petits fers des cisailles verticales, et pour les fers de 20 millimètres des cisailles horizontales à mâchoires.

Les morceaux découpés passent ensuite au four à réchauffer, qui dessert chaque machine à boulons. Un four à réchauffer (*fig.* 10) se compose essentiellement d'une enveloppe en fonte, cylindrique, carrée ou ovale, garnie intérieurement de briques réfractaires. Sur la périphérie sont disposés des trous destinés à recevoir les morceaux de fer

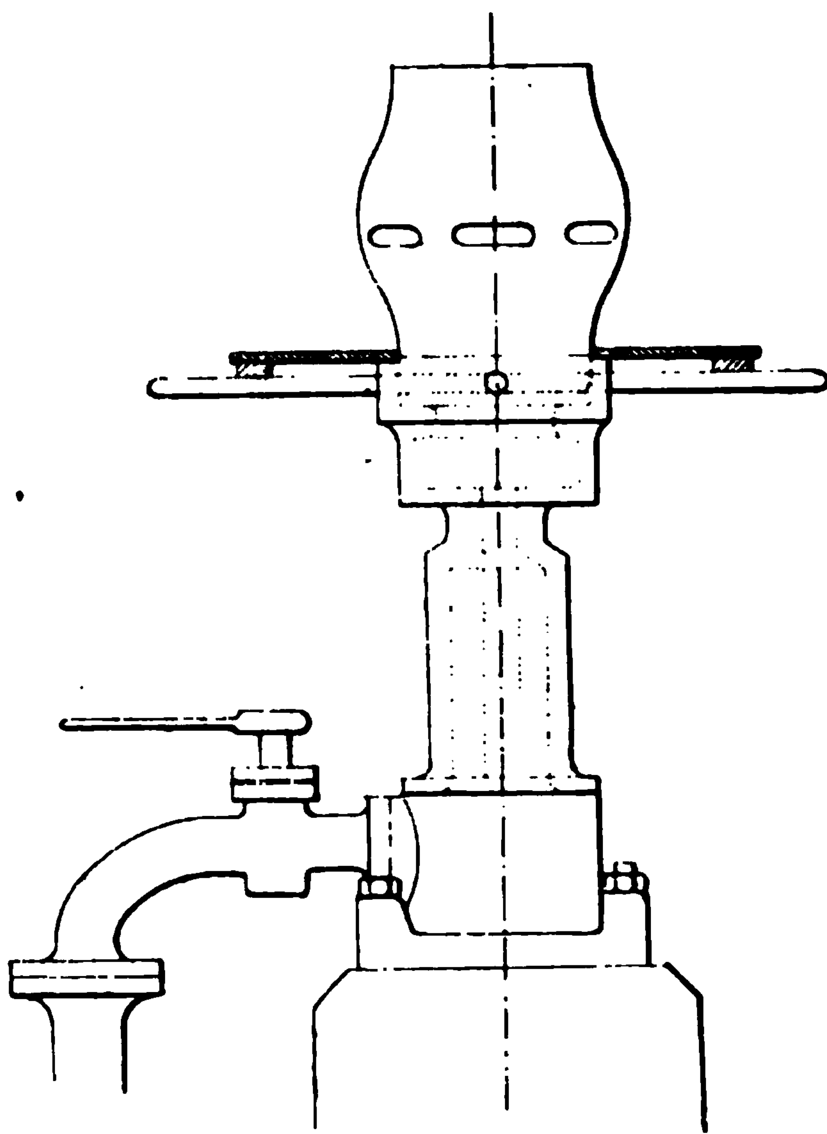


Fig. 10. — Four à réchauffer.

à chauffer. Ces fours sont rotatifs, pour permettre au boulonnier de prendre son fer successivement dans chaque trou. C'est généralement un gamin qui est chargé de l'approvisionnement du four en coke et en fer. L'arrivée de vent se fait par une conduite verticale inférieure qui soutient le four ; l'air est soufflé par un ventilateur à quelques centimètres d'eau.

La *machine à boulons* (*fig.* 11), qu'on rencontre dans toutes les boulonneries ardennaises, est la presse à friction, dont le principe est bien connu. Rappelons brièvement son fonctionnement :

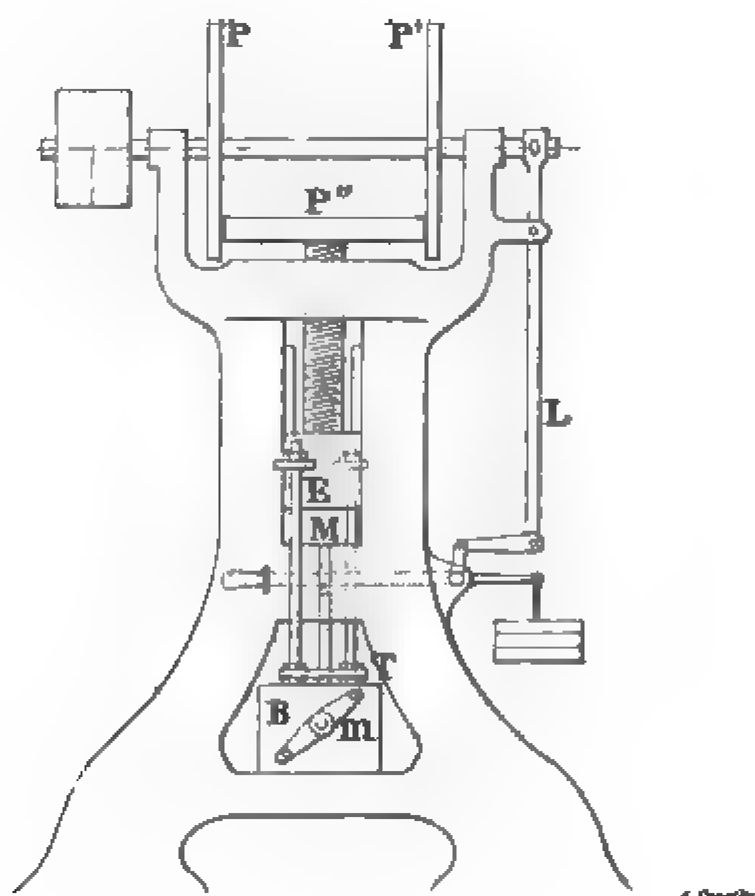


Fig. 11. — Machine à boulons.

Deux plateaux verticaux P et P', montés sur le même arbre et tournant dans le même sens, peuvent être mis en contact séparément, par un léger déplacement horizontal de l'arbre dans les paliers, avec un troisième plateau P'' horizontal, solidaire d'une forte vis terminée par un coulisseau E glissant entre les piliers de la machine. Le déplacement latéral des plateaux P et P' est obtenu par le levier L ; selon que l'on met P'' en contact avec P ou P', on fait monter ou descendre E, sur lequel est montée la bouterolle devant former la tête du boulon en venant frapper violemment la tige de fer rouge placée verticalement dans la matrice M. Le choc est suffisamment violent

pour former le boulon d'un seul coup. Le boulon fabriqué est expulsé de la matrice par une tige intérieure qui remonte avec le coulisseau E par l'intermédiaire de la traverse T. Cette tige règle la longueur du boulon : elle peut descendre plus ou moins profondément dans le bloc B, grâce à un réglage par coins obtenu à l'aide de la manette *m*.

Avec cette machine on peut frapper 20 à 30 pièces par minute.

Ébarbage. — Le boulon ainsi fait présente une bavure tout autour de la tête; il faut l'ébarber. On emploie pour cela soit un mouton à main, soit une presse à balancier, soit encore une ébarbeuse à friction sur le même principe que la machine à boulons.

Filetage. — Le boulon doit maintenant être fileté. Chacun connaît le principe de cette opération; la perfection du filetage est tout entière dans l'outillage. On emploie, en général, des machines horizontales, mais on trouve aussi quelques machines verticales.

Fabrication des écrous. — On fabrique les écrous à l'aide de la machine à écrous représentée *fig.* 12.

Elle se compose essentiellement d'une matrice verticale, au milieu, et de deux coulisseaux à came placés de chaque côté. On utilise pour la fabrication des écrous carrés ou hexagonaux des barres de fer plat portées au rouge, que l'ouvrier introduit horizontalement dans la matrice; sous l'effet du levier L actionné mécaniquement, la partie supérieure A de la matrice s'abaisse sur la partie fixe B, ce qui a pour effet de couper l'écrou dans la barre et de former les pans supérieurs et inférieurs; aussitôt après le coulisseau C vient matricer l'écrou dans l'alvéole, et un poinçon P commandé par le coulisseau C′ perce l'écrou, dont la débouchure pénètre à l'intérieur d'une cavité cylindrique ménagée dans la tête du coulisseau C; cette débouchure est expulsée

par l'action d'un ressort à boudin, en même temps que l'écrou est dégagé de la matrice. L'ouvrier retourne vivement sa barre de 180° et la pousse à nouveau dans la matrice.

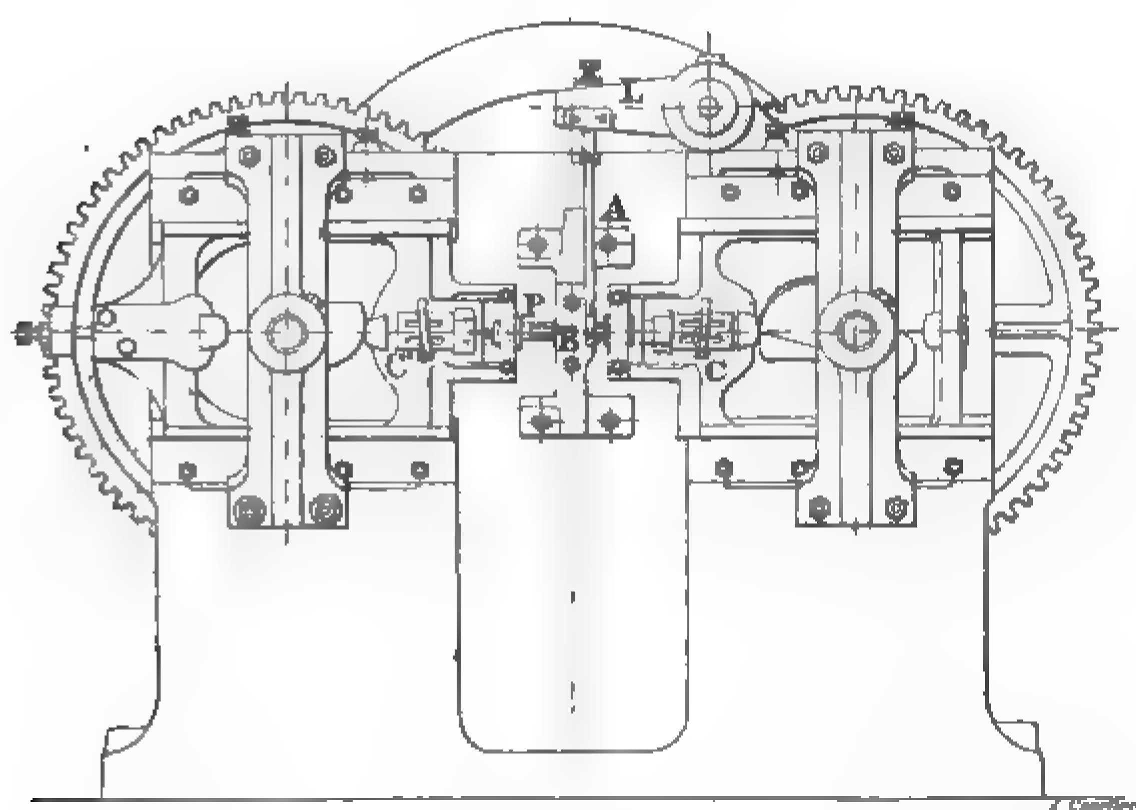


Fig. 12. — Machine à écrous (type Sayn).

Chaque machine est desservie par un four à coke, où l'on peut chauffer à la fois plusieurs barres de fer ; l'ouvrier les passe successivement à la machine.

Suivant la grosseur de l'écrou, on peut faire 35 à 55 pièces par minute.

L'écrou sortant de là est rodé et taraudé ; il ne reste plus qu'à le monter sur le boulon correspondant.

Telle est, dans toute sa simplicité, la fabrication complète du boulon mécanique ; on comprend qu'une telle industrie exige surtout de bons outilleurs pour la réparation des machines ; on comprend aussi qu'elle ait pu se répandre et se développer dans une foule de petits ateliers comme en est semée toute la région de Nouzon à Monthermé, ainsi que la vallée de la Semoy.

Tendeurs de chemins de fer. — La Manufacture ardennaise fabrique en grand le tendeur de chemins de fer; cet article se rattache à la boulonnerie par le filetage et à la forge par la fabrication. A cet effet l'usine possède :

3 fours à souder à tirage forcé ;

1 pilon à double effet de 1.000 kilogrammes ;

1 pilon à simple effet de 800 kilogrammes ;

2 pilons à simple effet de 500 kilogrammes ;

1 martinet à double effet de 200 kilogrammes ;

12 feux de forge ;

4 meules grès et 2 meules émeri.

Fabrication du tendeur. — 1° Manilles (*fig.* 13) : on part d'un fer rond dont on renforce la partie médiane et aplatit les extrémités, puis on détermine exactement par un trait de poinçon les points A et B ; on fore en ces points deux trous à la perceuse ; la partie médiane est alors chauffée et courbée à l'aide d'un levier L muni d'un galet G qui roule sur un autre fixe G′.

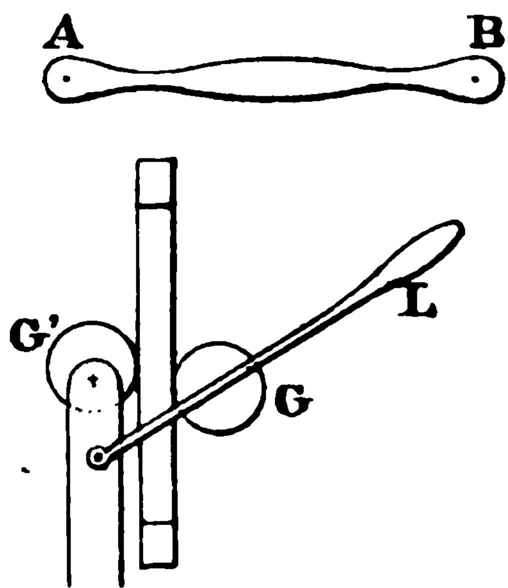
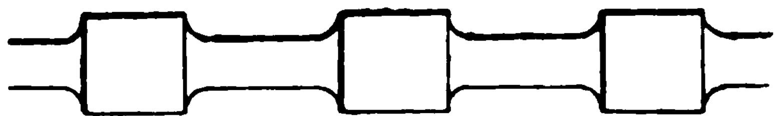


Fig. 13.


Fig. 14.

2° Ecrous (*fig.* 14) : on en ébauche un certain nombre à la suite les uns des autres dans une même barre de fer rond ou carré, selon les types des Compagnies. Ces ébauches sont ensuite découpées à la guillotine, puis on les étampe individuellement, tourne, fore et taraude.

3° Vis de tendeur (*fig.* 15) : on part d'un fer plat, on dégorge la partie 1 et étire l'extrémité correspondante; puis on perce un trou et fend l'autre extrémité

suivant 2 ; on relève 3 pour former la queue et étire celle-ci ; finalement on matrice l'ensemble. La queue étirée doit avoir au moins 8 centimètres ; on y soude alors le bras de levier, à l'extrémité duquel est montée une boule en fonte.



Fig. 15.

Les extrémités de la vis sont taraudées en sens inverses. Finalement il ne reste plus qu'à monter les différentes pièces, manilles, écrou et vis à levier, pour avoir le tendeur complet.

Visserie. — A côté des bâtiments de forge et de boulonnerie, la Manufacture ardennaise a installé, depuis quelques années seulement, une visserie pour la fabrication de vis à bois. A part la maison Japy, cette fabrication, comme chacun sait, est très peu répandue.

La vis à bois se fabrique à froid à l'aide de fils d'acier doux. Ceux-ci, enroulés en paquets, sont d'abord décapés dans des cuves rectangulaires de $2^m,00 \times 1^m,50$, où on les fait séjourner du soir au matin dans un bain d'acide sulfurique et de sulfate de cuivre.

Le fil est ensuite tréfilé pour lui donner la grosseur voulue (*Tréfilerie*, Nivoit, § 180). Le fil employé peut être tréfilé deux fois, mais pour une troisième il a besoin d'être recuit.

Le recuit se fait dans deux fours accolés, formés d'une cuve à section carrée de 1 mètre de côté et profonde de $1^m,50$. On empile les rouleaux de fils dans cette cuve et on lute ; on brûle du coke dans un foyer sous-jacent,

et les gaz montant par des carneaux verticaux circulent tout autour de la cuve, dont les briques sont portées au rouge.

La fabrication de la vis à bois se fait en trois opérations :

1° La vis est coupée et la tête refoulée.

2° La tête est rodée et fendue ; pour cela deux cylindres parallèles et solidaires tournent sur eux-mêmes et peuvent tourner de 180° autour d'un axe médian parallèle à leurs axes respectifs. La vis est saisie automatiquement par le premier cylindre et est rodée ; l'ensemble tourne de 180°, et la tête est fendue par une petite roue horizontale, cependant que le deuxième cylindre a saisi une autre vis qui est à son tour rodée.

3° La vis est filetée ; pour cela elle tourne, un peigne à fileter se déplace devant elle et la creuse en hélice ; l'opération se fait en plusieurs fois, le peigne étant rappelé chaque fois par un ressort à boudin.

Toutes ces machines constituent de véritables appareils d'horlogerie, d'une précision remarquable. Le tout est formé d'un ensemble très compliqué de cames : la vis est saisie automatiquement dans une cuvette par un pied-de-biche qui s'infléchit régulièrement, saisit les vis dans le plateau tournant et se redresse ; les vis descendent peu à peu, prennent la position horizontale, tombent à la place voulue, etc. Ces machines ont d'ailleurs certaines analogies avec les machines à boulons américaines.

Pour la troisième opération, il existe deux sortes d'appareils, allemands et américains. Dans ces derniers, la pointe est faite par rodage ; dans les premiers, c'est un ciseau fixe qui la forme ; ils donnent en général une plus belle pointe.

La visserie occupe une vingtaine de femmes dont le rôle se borne à surveiller les machines et à aider à la marche automatique des vis en cas de coincement ou d'arrêt.

Elle est installée depuis trois ans et a demandé une longue mise au point; elle produit maintenant d'une façon régulière. Un outilleur est chargé des réparations.

Les bâtiments, tout nouveaux, sont jolis, propres, bien entretenus et prévus pour agrandissements.

§ 2. — LA BOULONNERIE AMÉRICAINE.

LES BOULONNERIES DE BOGNY.

Les usines de Bogny sont de beaucoup les plus importantes de toutes les fabriques de boulons de la région. Fondées en 1834, c'est-à-dire depuis plus de soixante-dix ans, ces usines, qui comptent actuellement 800 ouvriers, ont débuté par quelques-uns seulement; le fondateur fut M. Joseph, qui était un simple compagnon; il créa une petite forge, utilisa la chute d'eau d'un ruisseau et établit ainsi la première fabrique de boulons; peu à peu, les commandes affluèrent, la petite « boutique » s'agrandit, et M. Joseph prit son beau-frère, M. Maré, pour associé. Ainsi fut fondée la maison Joseph et Maré. Plus tard, ces messieurs s'étant associé leurs gendres, les trois frères Gérard, la raison sociale devint la maison Joseph, Maré et Gérard, transformée ultérieurement en Société anonyme. A l'heure actuelle, les trois administrateurs sont M. A. Maré, fils du premier associé, M. H. Mialaret, ingénieur des poudres et salpêtres, et M. Albert Gérard, sénateur des Ardennes, ancien élève de l'École polytechnique. Outre les boulonneries, ces messieurs sont encore propriétaires d'une usine à fer à Flize, dans le département, des forges de l'Ile-du-Diable, précédemment décrites, et d'une fonderie à Braux.

Les boulonneries sont installées dans une vallée que l'on désigne généralement sous le nom de « fond de Bogny ». Comme beaucoup d'usines qui ont fortement

évolué, elles se composent d'une foule de bâtiments sans homogénéité. A la suite d'un incendie, une grande partie a été reconstruite et condensée dans un hall immense à trois étages dominant tout le fond de la vallée. Les différents bâtiments sont désignés sous des noms dont l'origine est souvent inconnue ou particulièrement bizarre (l'Arsenal, Saint-Cloud, Paris, Versailles, l'Amérique, le Vatican).

C'est aux usines de Bogny que l'on trouve, outre la boulonnerie mécanique ordinaire, la boulonnerie avec machines américaines perfectionnées capables de débiter chacune 25 à 30.000 boulons par jour. Le brevet de ces machines a été acheté par la maison aux inventeurs américains; aussi ne les trouve-t-on nulle part ailleurs. Pendant de longues années elles ont été tenues absolument secrètes, et l'accès n'en était permis qu'au personnel nécessaire. Cette consigne assez stricte est devenue dans ces derniers temps un peu moins sévère, mais cependant personne encore n'est admis à les visiter; aussi nous empressons-nous de remercier ici MM. les administrateurs, qui nous ont accordé la faveur de visiter toute leur usine et de pénétrer jusqu'aux machines américaines; nous avons pu voir celles-ci de près, les regarder fonctionner et assister même au démontage de l'une d'elles, mais nous devrons nous abstenir d'en donner la nomenclature et la description.

Parmi les institutions créées en faveur des ouvriers, nous citerons d'abord la caisse des retraites : les patrons versent 3 p. 100 du bénéfice net, soit environ 10.000 francs par an; d'autre part, on retient 2 p. 100 à l'ouvrier sur son salaire, et les patrons paient 5 p. 100 d'intérêt sur les retenues faites jusqu'à concurrence de 200.000 francs; actuellement il y a 160.000 francs. Pour avoir droit à la retraite, un ouvrier doit avoir quinze ans de service et soixante ans d'âge. Les retraites accordées jusqu'alors

varient de 230 à 400 francs. Cette fondation encore nouvelle n'aura vraiment son efficacité que dans une dizaine d'années.

Il existe, en outre, une caisse de secours, possédant environ 500 francs et destinée à aider les ouvriers dans la misère : tout retardataire subit une amende de 0 fr. 10 au profit de la caisse.

Nous avons eu l'occasion déjà de parler de la crèche Alexandre-Joseph. Nous signalerons enfin que les boulonneries de Bogny possèdent environ 130 maisons ouvrières, divisées en deux catégories et louées 8 et 14 francs par mois.

Au prix de 8 francs, l'ouvrier dispose d'une pièce basse et d'une pièce haute, d'une cave et d'un grenier.

Au prix de 14 francs, il a deux pièces basses, deux pièces hautes, une cave et un grenier.

A la maison est adjoint un jardin de quelques ares.

§ 3. — LA BOULONNERIE DE PRÉCISION.

MARCADET FILS, A CHATEAU-REGNAULT.

La maison Marcadet a été fondée en 1851 par M. Marcadet père, sous la firme Marcadet-Guillemin; M. Marcadet fils est entré dans la maison, comme collaborateur, en mars 1872. Associé en 1879, il continue seul depuis 1891, date du décès de son père. Il a donc actuellement plus de trente-cinq années de pratique industrielle.

La maison fabrique toute la boulonnerie en général, mais sa grande spécialité est la *boulonnerie finie*; elle est une des premières qui aient donné à la fabrication des boulons et autres articles finis une extension considérable.

La spécialisation de ces pièces s'imposait, par suite du développement toujours de plus en plus grand de la

mécanique, et on ne trouvait pas, dans la région des Ardennes ou toute autre, de fabricant de boulons livrant des pièces tournées, finies et calibrées, en un mot des pièces détachées de machines, prêtes à être montées sans aucune retouche, les constructeurs mécaniciens usinant eux-mêmes leur boulonnerie et ce, naturellement, à des prix de revient fort élevés. C'est à cette spécialisation que s'est attachée la maison Marcadet. Pour cela, elle a dû non seulement éduquer un personnel d'élite, mais encore créer un outillage nombreux et approprié au genre de travail qu'il devait produire.

La majeure partie des machines-outils a été construite dans les ateliers de construction de la maison Marcadet ; la description ci-après de l'outillage démontre suffisamment les sacrifices qui ont été faits et qui ne sont pas restés vains, puisque aujourd'hui M. Marcadet a la satisfaction de compter parmi sa clientèle les plus importantes maisons de construction de machines à vapeur, machines-outils, machines à imprimer, moteurs à gaz et à pétrole, locomotives, dynamos, automobiles, etc., ainsi que la marine militaire française, l'artillerie de terre et de mer, toutes les grandes Compagnies de chemins de fer.

La maison fabrique journellement la boulonnerie de la série internationale, ainsi que la boulonnerie au pas Whitworth et aux mesures anglaises. Une autre spécialité de la maison est la clavette à tête en acier spécial. Ces pièces, fraisées partout, sont de très grande précision et sont employées sans aucune retouche.

Enfin, outre des pièces de forge et de tour, la maison fait du décolletage de précision pour automobiles; et les tours à décolleter donnent des pièces d'un beau fini, ne présentant aucune bavure. Cela tient uniquement, pensons-nous, à la précision qu'on apporte en tout et à l'habileté des outilleurs, qui n'ont de répit que lorsqu'une machine est exactement au point.

La maison tire ses approvisionnements des forges des Ardennes, principalement de Sedan et de Laval-Dieu, ainsi que des aciéries de Longwy. Ses charbons viennent du Nord par chemin de fer, et ses briquettes de Belgique par bateau.

La maison ne fait pas d'exportation, sauf un peu en Belgique ; elle trouve le débouché de ses produits en France, spécialement dans les ateliers de construction.

L'usine occupe de 150 à 160 ouvriers, et le chiffre d'affaires dépasse 600.000 francs.

Passons maintenant en revue le matériel de fabrication.

La force motrice est produite par une machine à vapeur Corliss, à condensation, de la puissance de 112 chevaux.

Sans parler de quelques boulonniers à la main, non plus que des ouvriers chargés de la fabrication des clavettes, l'usine possède 6 presses à friction ; les ouvriers y travaillent soit à la tâche, soit à la journée : à la journée quand on veut des boulons très soignés ; le salaire est alors de 6 francs par jour. A la tâche, l'ouvrier peut gagner 7 à 8 francs.

Pour les écrous, il y a deux machines, l'une pour les gros, l'autre pour les petits. Elles sont du type courant, décrit dans la boulonnerie ordinaire.

Signalons, sans intérêt particulier, 1 martinet à vapeur, 4 presses et 9 forges montées.

Le travail de finissage du boulon commence avec les machines à tarauder. Celles-ci sont au nombre de 70. Le boulon, au lieu d'être fileté en une seule fois, l'est en deux, la première n'étant en somme qu'une ébauche dont on se contente dans la boulonnerie ordinaire ; ici le boulon passe dans une seconde lunette de précision. Pour un filetage plus précis encore, l'ébauche, au lieu de se faire à la lunette, se fait au tour par un ouvrier muni d'un peigne à fileter; le boulon est ensuite achevé à la lunette de

précision. L'usine compte 68 tours parallèles à charioter, à fileter, à tourner les boulons et les écrous, etc.

La mise au diamètre des tiges de boulons précédant le filetage se fait également au tour et en deux fois ; un gamin, généralement, dégrossit la tige, et un tourneur la met exactement au diamètre, et cela sur toute sa longueur, différence avec le boulon ordinaire, dont la tige n'est rodée que sur la longueur à fileter.

Pour le finissage des têtes de boulons, la partie plate de la tête est passée à la machine à roder, qui porte une fraise au profil voulu, pour tourner la tête et en même temps chanfreiner les angles.

Les pans sont ensuite passés à la fraise ; la tête du boulon passe entre deux fraises à axe horizontal et tournant en sens inverse ; on fraise ainsi les deux faces opposées. Le boulon est monté sur un cadran gradué que l'on tourne exactement de 1/6 de tour pour faire deux nouveaux pans. La préparation d'un boulon à six pans se fait donc en trois fois.

L'atelier possède, pour ces usages, 38 machines à fraiser.

Enfin, pour différents besoins et pour les boulons spéciaux, l'usine dispose de 8 machines à percer, 1 machine à raboter, 3 étaux limeurs, 5 machines à cisailler et scier le fer, 8 meules, 3 polissoirs.

Enfin, nous avons déjà signalé les tours automatiques à décolleter, au nombre de 20, donnant, sans le concours d'aucun ouvrier, des boulons filetés et des écrous taraudés. Nous nous sommes préoccupé de savoir si le boulon décolleté avait des avantages sur l'autre : pour les autres usines, il constitue le boulon de précision ; mais, pour la maison Marcadet, il n'est pas plus précis : on a monté des tours à décolleter pour répondre aux demandes des clients, puisque, paraît-il, la mode est au décolletage.

Signalons enfin, comme corollaire de la précision, la

bonne tenue et la disposition rationnelle de toutes les machines. En résumé, c'est une très belle usine.

Nous terminerons par quelques indications économiques.

Hiver comme été, le travail commence le matin à six heures et dure jusqu'à onze heures trois quarts, avec un repos de un quart d'heure à huit heures pour les hommes et de trois quarts d'heure pour les femmes, afin de leur permettre de vaquer aux besoins domestiques.

Le travail de l'après-midi dure de une heure à cinq heures et demie.

La maison a créé une société de secours en cas de maladie. Elle fait une retraite de 260 francs par an à ses vieux ouvriers.

L'ARTICLE DE VOITURE.

A côté de la boulonnerie, on fabrique à Château-Regnault et à Levrézy un grand nombre d'articles de voiture, dont le principal est la bride de ressorts.

Les quatre ateliers principaux sont, d'une part, ceux de MM. Laurent-Colas et Autier à Bogny, et, d'autre part, ceux de MM. Balteau et Vauché à Levrézy.

ATELIER LAURENT-COLAS.

C'est de beaucoup le plus important ; il fabrique d'une façon générale les ferrures pour la carrosserie, le charronnage, la charrue et l'automobile, spécialement les brides de ressorts, menottes, jumelles, charnières, compas, vis de mécanique, mains de ressorts, etc.

Fondé en 1860 par M. Laurent-Colas, qui était alors simple ouvrier et qui venait de faire son « tour de France » comme compagnon, cet atelier a débuté avec

six ouvriers. Peu à peu il s'est agrandi, mais son grand développement date surtout de l'invention d'un procédé mécanique pour la fabrication de la bride de ressorts, pour lequel la maison fut brevetée en France et à l'étranger.

Pourtant, ce procédé de fabrication ne resta pas l'apanage de la maison Laurent-Colas, puisque les trois autres l'ont appliqué et l'emploient encore. A l'heure actuelle, le brevet est à peu près tombé dans le domaine public, et la plus sûre sauvegarde pour les exploitants est le secret dans lequel ils le tiennent. En vain l'Angleterre, qui fait avec la maison Laurent-Colas 200.000 francs d'affaires par an, a-t-elle cherché à pénétrer le secret de fabrication. Les Allemands seuls se sont mis, depuis quelques années, à fabriquer cet article et, grâce au bas prix et aux facilités de paiement qu'ils accordent, ils tiennent maintenant les marchés de l'Europe centrale et de l'Orient.

Passons en revue l'ensemble de l'atelier.

Par suite des agrandissements récents, le nombre des ouvriers occupés est actuellement de 250.

L'usine est desservie par une machine à vapeur système Corliss à condensation, de 75 chevaux, mais qui en fait réellement 140. A côté de celle-ci est une pompe Worthington, qui puise l'eau à la Meuse et qui porte, en outre, une adaptation de tuyaux pour utiliser la pompe en cas d'incendie. Enfin, dans la même salle, est une dynamo bipolaire à 110 volts pour l'éclairage de l'usine.

Les matières premières employées se répartissent comme suit :

Fer de Suède laminé importé directement...	300 tonnes
Fers divers..............................	1.500
Briquettes..............................	1.000
Charbons divers (Belgique et Lens).........	1.000
Coke..................................	300

Le principal article fabriqué est la bride de ressorts. C'est la pièce qui, dans la voiture, assure la solidarité entre l'essieu et les ressorts; c'est une simple pièce en forme d'U dont les deux branches sont filetées. La bride ordinaire se fait à l'aide de barres de fer sensiblement demi-rond, à flèche plus ou moins grande. Elle est découpée dans la barre, puis, suivant la forme de la bride, étampée ou non de façon à modifier le profil du demi-rond. Elle passe ensuite aux « machines à brides » inventées par M. Laurent-Colas, machines qui lui donnent sa forme définitive. La bride est ensuite rodée sur ses extrémités, puis filetée, et les écrous sont montés.

On fait une foule de brides de différents modèles, plus ou moins compliquées et élégantes, suivant leur emploi.

Comme autres ferrures, on fabrique des mains à deux tiges, des menottes brisées, des charnières, des compas, des vis de mécanique; la caractéristique de toutes ces pièces est d'être fabriquées sans soudure, dans la masse du fer, ce qui est une grande sécurité dans leur emploi. Tout est fait par étampage au mouton ou au pilon; nous signalerons entre autres un pilon de 1.800 kilogrammes et un autre à double effet, système américain. A signaler aussi une machine-pilon, système Bouhey, dont la masse est reliée à un ressort calé excentriquement sur une poulie dont on fait varier la vitesse par la tension d'une courroie de commande; suivant qu'elle tourne plus ou moins vite, la machine frappe plus ou moins sec, à la façon d'une balle attachée à l'extrémité d'un fil élastique, principe analogue à celui de la perforatrice Box Electric Drill.

Le magasin d'étampes comprend plusieurs milliers de matrices qui constituent un outillage de très grande valeur.

Pour terminer, nous donnerons une idée de l'importance de cet atelier et de son développement par les

chiffres d'affaires suivants :

En 1878.......	250.000 fr.
1889.......	508.000 —
1900.......	1.000.000 —
1906.......	1.100.000 —

Ces 1.100.000 francs sont répartis comme suit :

Pour la France et l'Europe......	700.000 fr.
Pour l'Angleterre..............	200.000 —
Pour les pays d'outre-mer......	200.000 —

L'INDUSTRIE DU FER DANS LA VALLÉE DE LA SEMOY.

Avant de passer au chapitre de la fonderie, nous ferons une petite digression en dehors de la vallée de la Meuse, et nous jetterons un coup d'œil d'ensemble sur le développement, beaucoup plus récent, de l'industrie dans la vallée de la Semoy.

Historique. — L'industrie du fer s'est développée parallèlement dans les vallées de la Meuse et de la Semoy, mais plus lentement dans cette dernière par suite du manque de voies de communication.

La première des industries du fer a été la clouterie à la main, maintenant en voie de disparition ; quelques ouvriers font encore des clous à Hautes-Rivières et à Thilay ; mais dans cette branche on ne fait plus d'apprentis, et la fabrication des clous forgés s'éteindra avec les derniers cloutiers.

Jusqu'en 1870, époque où fut éteint définitivement le haut fourneau de Linchamps, on fabriqua le fer dans le pays même. Deux hauts fourneaux existaient, l'un à Phades, l'autre à Linchamps. Le combustible se trouvait dans le pays ; c'était le charbon de bois ; le minerai était amené par bateau jusque Hautes-Rivières, à

l'époque des hautes eaux; l'été, il était transporté par voiture ou même à dos d'âne.

La clouterie était surtout une industrie familiale. Chaque famille possédait une boutique, petit atelier enfumé où l'on travaillait en hiver le fer fourni par les « facteurs », qui étaient la plupart du temps des représentants des maisons de quincaillerie de Charleville.

Vers 1850, la création de routes reliant les villages de la vallée de la Semoy à Nouzon et à Charleville facilita les transports de matières premières et permit de faire des marchandises plus lourdes. On commença alors à forger des boutons et des boulons dans les boutiques. C'était surtout une industrie d'hiver; l'été, les paysans travaillaient aux champs ou à l'exploitation des bois; on ne rentrait à la boutique que pendant la mauvaise saison. Ces boutons et boulons étaient tournés et taraudés à la main : les tours étaient mus par de grandes roues à manivelle actionnées par des femmes qui gagnaient 1 franc par jour à ce dur labeur.

Un peu plus tard apparurent de véritables usines; les premières en date furent les boulonneries Laurent à Linchamps, dans les bâtiments des anciennes forges Létrange, en 1850, et la boulonnerie Mangon et Rousseau, fondée par le beau-père du propriétaire actuel. Trois ateliers à vapeur s'élevèrent à Sorendal, Hautes-Rivières et Failloué. La première machine à vapeur fut installée à Hautes-Rivières en 1872.

Néanmoins, jusque vers 1880 la vallée garda son caractère de pays mi-agricole, mi-industriel; beaucoup de familles travaillaient l'été à la culture ou à l'exploitation des bois, et l'hiver seulement à « la boutique ». Seuls quelques tourneurs et quelques taraudeuses restaient toute l'année dans les ateliers où l'on finissait les pièces.

C'est de 1889 que date l'essor pris ici par le travail du fer. A ce moment le mouvement d'affaires produit par

l'Exposition universelle amena dans le pays un grand nombre de commandes. La transformation de l'industrie locale fut rapide ; de petites usines s'élevèrent partout, destinées au finissage des pièces forgées. Ces usines furent presque toutes construites par d'anciens ouvriers et ont depuis largement prospéré.

En 1901, la construction du chemin de fer à voie étroite de Monthermé à Hautes-Rivières donna un grand essor à la ferronnerie, principalement à Hautes-Rivières. Le prix de revient des matières premières se trouva alors considérablement abaissé : le transport d'un wagon de houille, par exemple, fut abaissé de 12 francs.

État actuel. — La vallée de la Semoy compte maintenant un grand nombre d'usines ; nous trouvons, comme étant les plus importantes de la frontière belge à Monthermé :

A Sorendal : Manquillet-Pigeot (boulonnerie et ferronnerie), Jules Barré (boulonnerie et ferronnerie), Wiart-Autier (ferronnerie, pièces pour construction de machines) ;

A Failloué : la ferronnerie Parizel;

A Hautes-Rivières : Barteaux (boulons et ferrures), Barrois, Badré, Wauthier, etc. ;

A Linchamps : la maison Laurent frères pour la boulonnerie ;

A Nohan : Joseph Avril (boulons) ;

A Thilay : les boulonneries Mangon et Rousseau, Ballot, Linster-Lelong et Cie ;

A Haulmé : la boulonnerie Avril.

Pendant ces dernières années, la Semoy a pu concurrencer les grosses boulonneries de la vallée de la Meuse et du Nord, par suite des salaires moins élevés donnés aux ouvriers, mais les salaires tendent à s'uniformiser pour les centres ardennais, et la concurrence devient plus difficile.

Hautes-Rivières est surtout renommé pour ses articles de ferrures pour les administrations et la construction de machines. Ce petit centre industriel a maintenant sa réputation bien établie, grâce à l'habileté des ouvriers, et il occupe de ce fait, sur le marché, une situation privilégiée. Même dans les mauvaises années, il souffre peu du ralentissement des affaires.

Aussi, depuis deux ans, a-t-on assisté à une véritable fièvre des affaires. Un très grand nombre d'ouvriers, trop grand peut-être, ont voulu devenir patrons et ont construit de petits ateliers. La conséquence a été un avilissement des prix de vente pour beaucoup d'articles. Un ralentissement des affaires, une période de mévente, suffiraient peut-être pour compromettre la situation assez précaire de ces entreprises récemment écloses.

Jusqu'à présent, à part les boulonneries Mangon et Rousseau, la vallée comptait peu d'usines importantes montées avec le concours de gros capitaux. Il semble que cette situation doive se modifier. En effet, on bâtit actuellement à Hautes-Rivières, pour le compte d'une Société (Dauxin et Cie), une usine de ferronnerie devant occuper une centaine d'ouvriers. Le fait était à prévoir : l'habileté des ouvriers et le taux moins élevé des salaires devaient éveiller l'attention des capitalistes. Cette évolution, d'ailleurs, est logique et marque la dernière étape de l'industrie familiale à la grande industrie. Les transformations de l'industrie locale n'échapperont sans doute pas à cette loi. Quelles en seront les conséquences au point de vue de l'avenir du pays ? Nous essaierons de les dégager comme conclusion de ce travail.

Articles fabriqués. — Quelques maisons font encore un peu de clouterie à la main ; plusieurs de ces industriels y ont ajouté la fabrication des fers à chaussures.

L'article le plus important est la boulonnerie; certaines

maisons, Mangon et Rousseau, à Thilay Laurent frères à Linchamps, se bornent à cette fabrication. Dans cette branche, on fait tous les genres: les boulons sont fabriqués presque toujours à la machine ; seuls, certains boulons spéciaux sont encore forgés à la main.

Les fabricants de Hautes-Rivières font surtout des ferrures et des articles de construction, articles pour la marine, l'artillerie, les chemins de fer, pour les constructeurs de machines. Depuis quelques années, la fabrication de pièces d'automobiles a pris une grande extension.

Il est à noter que la vallée de la Semoy ne possède aucune fonderie.

Matières premières. — Le fer travaillé est pris le plus souvent dans les forges de la région: Laval-Dieu, Vireux, Flize (cette forge a un dépôt à Nohan); quelquefois, mais plus rarement, dans le Nord ou à Paris.

La houille et le coke viennent du Nord ou de Liège ; certains fabricants travaillant pour la Belgique profitent du bénéfice de l'admission temporaire des fers qu'ils doivent réexporter.

Débouchés. — Ils sont des plus variés. Beaucoup de marchandises sont vendues sur le marché de Paris. Quelques petits industriels travaillent à façon pour des marchands de fers de Charleville. Les commandes des administrations ne sont presque jamais soumissionnées par les industriels de la vallée de la Semoy ; elles leur sont remises en seconde main par les maisons de construction.

Le Nord achète beaucoup de ferrures dans la vallée de la Semoy. Quelques fabricants travaillent pour la Belgique; des maisons de boulonnerie exportent en Espagne et jusqu'en Grèce.

Force motrice. — La force motrice le plus fréquemment employée est la vapeur ; seules quelques toutes petites ferronneries emploient des moteurs à pétrole. En ce moment, l'usine Manquillet, à Sorendal, remplace sa machine à vapeur par un moteur à gaz pauvre de 65 chevaux.

Les usines hydrauliques sont rares : les boulonneries Laurent à Linchamps et un petit atelier à Hautes-Rivières sont installés sur un ruisseau descendant à la Semoy ; une petite usine à Thilay se sert du ruisseau de la Passe, mais le débit de ces petits cours d'eau est trop faible en été pour fournir la force nécessaire, et souvent il faut recourir à l'aide d'une machine à vapeur.

La maison Avril, à Haulmé, possède sur la Semoy une turbine de 30 chevaux ; de même une annexe des ateliers Mangon et Rousseau à Navaux (tréfilerie). Plus en aval, à Phades, se trouve une installation de tout premier ordre, raccordée en outre à la voie ferrée de l'Est, mais l'usine n'est qu'incomplètement occupée par une fabrique de tôles galvanisées. Pourtant la Semoy, à courant rapide, se prêterait à des barrages et pourrait fournir une force motrice considérable. De même les ruisseaux qui descendent dans les vallons latéraux pourraient être utilisés par des barrages et des réservoirs et seraient une source d'énergie hydroélectrique facile à capter : la houille verte est encore à utiliser dans cette région. Seulement il faudrait des capitaux, et nous avons déjà fait remarquer que ce défaut est le point faible de l'industrie de la vallée.

Organisation du travail. — Certains ouvriers, les cloutiers, les boulonniers à la main, les forgerons en boutons et ferrures, travaillent chez eux en boutique. Les usines font le filetage et le taraudage des boulons fabriqués à la main, le tournage et le finissage des pièces de ferrures.

Les boulonneries font autant que possible leurs boulons à la machine, mais pour certaines séries elles sont obli-

gées d'avoir recours aux forgerons travaillant en boutique.

A part les ateliers Mangon et Rousseau, les usines les plus importantes n'emploient pas plus d'une cinquantaine d'ouvriers. Le personnel est toujours mixte : hommes, femmes, apprentis.

Aucune usine n'est à feu continu, le travail journalier est partout de dix heures avec repos le dimanche.

Population ouvrière. — Dans le pays existent deux éléments distincts :

1° L'ancienne population indigène propriétaire du sol, autrefois mi-agricole, mi-industrielle. Cette population, sobre, laborieuse, économe, constitue le meilleur élément du personnel des usines ; elle se transforme d'ailleurs assez rapidement. Depuis dix ans, attirés par les salaires de plus en plus élevés des usines, les ouvriers tendent à abandonner complètement la culture des champs pour rester toute l'année à la boutique ou à l'atelier. Cette transformation a comme résultat la dépréciation rapide de la terre, dont la valeur a diminué des deux tiers en vingt ans. C'est parmi ces ouvriers nés dans le pays que se recrutent les forgerons et les tourneurs les plus habiles.

2° Un élément de population flottante amenée par le développement de l'industrie et le manque de main-d'œuvre locale. Ces ouvriers sont venus en partie de la vallée de la Meuse et surtout de la Belgique ; une partie des Belges travaillant dans les usines se sont fixés dans les villages français avec leur famille ; les autres retournent chaque dimanche chez eux. Ces ouvriers sont surtout employés comme manœuvres ou à la conduite des machines.

Salaires. — Les salaires vont constamment en augmentant, mais sont encore moins élevés que dans certains centres de la vallée de la Meuse. Le maximum est

7 francs pour les bons ajusteurs. Certains forgerons très habiles peuvent gagner 10 ou 12 francs, mais ces ouvriers sont très rares. La moyenne du salaire des hommes peut être fixée entre 4 et 5 francs ; 5 francs est le prix d'un bon ouvrier à la journée. On ne trouve pas de manœuvres à moins de 3 fr. 50 par jour. Les femmes employées comme taraudeuses gagnent en moyenne 2 francs par jour. La paie se fait à la quinzaine.

Capital et travail. — Presque tous les patrons de la vallée de la Semoy sont d'anciens ouvriers ; on trouve parmi eux très peu de capitalistes. Les relations entre ouvriers et patrons sont souvent cordiales ; les conflits sont très rares et n'atteignent pas au degré de gravité des grèves de la grande industrie. La seule grève qui eut lieu dans la vallée de la Semoy est celle de Thilay, aux boulonneries, il y a plus de quinze ans.

Conditions de vie. — Les ouvriers originaires du pays sont souvent propriétaires ou aspirent à le devenir. Beaucoup possèdent une maison et des champs que cultive leur famille. Les moins fortunés élèvent un porc ou nourrissent des chèvres. Mais la population qualifiée d'« étrangère » par les anciens habitants du pays apporte des habitudes de vie toutes différentes. Ces ouvriers pratiquent rarement l'économie ; ils se contentent de vivre au jour le jour. Avec eux apparait l'alcoolisme, plus développé en aval au contact des centres populeux de la vallée de la Meuse. Thilay consomme déjà beaucoup d'alcool et connait le chômage du lundi. Les ouvriers de Hautes-Rivières boivent moins et se contentent jusqu'à présent du repos hebdomadaire.

Logement. — Hygiène. — Le développement de l'industrie amenant dans le pays beaucoup d'ouvriers étrangers,

les logements sont rares dans les villages de la vallée et les loyers montent rapidement. Pour exemple, les logements d'ouvriers à Hautes-Rivières comprenant deux ou trois pièces et un grenier coûtent 12 à 15 francs par mois. On ne trouve plus guère, dans les villages de la vallée, d'anciennes maisons basses, insalubres, au sol surbaissé. Partout s'élèvent des constructions nouvelles, l'ambition de l'ouvrier indigène étant de devenir propriétaire.

Chômages. — Ils sont rares; jusqu'à présent, dans les périodes de ralentissement, les industriels n'ont pas craint de continuer leur fabrication et de mettre les marchandises en magasin. En cas de chômage prolongé, la misère n'est pas à craindre, la plupart des ouvriers connaissant le travail du bois et des champs. Beaucoup, à la belle saison, quittent encore la boutique pour aller « écorcer » ou travailler aux champs.

Sociétés. — De bonne heure, on a compris l'utilité des associations mutuelles. Deux sociétés de secours mutuels ont été fondées en 1860, l'une à Hautes-Rivières, l'autre à Thilay, et sont très prospères. Trois coopératives de consommation ont également été créées en dehors de toute idée politique et fonctionnent à Sorendal, Hautes-Rivières et Thilay; elles sont aussi des plus prospères. De nombreux ouvriers font des versements à des assurances mutuelles dans le but de se procurer des retraites: aux Prévoyants de l'Avenir, à la Mutuelle lyonnaise, aux Vétérans des Armées de terre et de mer. Il existe également de nombreuses sociétés récréatrices : de musique et de gymnastique à Hautes-Rivières, de tir à Hautes-Rivières et à Thilay.

Conclusion. — Avenir industriel de la vallée de la Semoy. — Le pays n'a pas encore atteint au point de vue indus-

triel son entier développement. Depuis une trentaine d'années des transformations profondes et rapides se sont accomplies; les petites industries familiales ont fait place à la grande fabrication des usines. La grosse industrie n'est pas encore représentée dans le pays ; mais il est probable que les ressources encore inutilisées tenteront quelque jour des commerçants ou des capitalistes en quête d'affaires à lancer. Les petits patrons de la vallée redoutent précisément l'arrivée, qu'ils sentent prochaine, de redoutables concurrents contre lesquels ils ne pourront lutter, faute de capitaux, pour transformer leur outillage. Cette transformation s'accomplira rapidement si l'on prolonge vers la Belgique le chemin de fer à voie étroite de Monthermé à Hautes-Rivières. Le prolongement de la ligne a été voté par le Conseil général et les Chambres, mais on tarde à commencer les travaux. Le raccordement de cette ligne au réseau belge à Gédinne faciliterait les relations d'échanges avec les fabricants belges et abaisserait considérablement le prix de revient des charbons du bassin de Liège.

Pour les diverses raisons énumérées plus haut, il nous semble que l'évolution de la vallée vers la grande industrie doive se faire prochainement. Cette transformation sera-t-elle profitable au pays? Nous n'oserions l'affirmer. Les ouvriers ne gagneront pas beaucoup plus, ils contracteront d'autres habitudes, mais rien ne permet de penser qu'ils seront plus heureux. Les petits patrons qui se sont fait une situation par leur intelligence et leur travail devront subir les lois que leur feront des concurrents plus puissants. De grosses fortunes seront peut-être réalisées dans le pays; l'industrie nationale peut y gagner beaucoup; est-il sûr que l'industrie locale n'y perdra rien?

IV. — LA FONDERIE

La fonderie, comme la boulonnerie, est une vieille industrie ardennaise. Dans son livre sur *l'Industrie* du département, M. Nivoit consacrait déjà une large part au moulage de la fonte ; nous ne reprendrons pas ici les principes de ce travail qu'il a indiqués dans son ouvrage (§ 160-165). Nous montrerons d'abord les progrès énormes et le développement de cette industrie depuis quarante ans et nous décrirons quelques usines que nous avons visitées.

Tout d'abord nous signalerons la disparition complète des moulages en première fusion ; M. Nivoit indique déjà qu'en 1869 celle-ci n'était plus pratiquée que dans les hauts fourneaux de Signy-le-Petit, Haraucourt et Apremont. Aujourd'hui, dans le département, n'existent plus de hauts fourneaux : c'est en 1894 que le dernier, celui de Vireux-Molhain, fut mis hors feu.

La seule fonderie actuelle est donc celle de deuxième fusion ; pour donner une idée de son développement depuis trente ans, la production de fonte moulée, qui, en 1867, était de 22.000 tonnes représentant une valeur de près de 6 millions, est passée en 1900 à 72.000 tonnes représentant une valeur de 18 millions. Le nombre des cubilots, qui était de 42, est aujourd'hui de 130, et le nombre des ouvriers employés est passé de 1.850 à 5.400. Enfin le salaire moyen, qui était de 4 francs par jour, est maintenant de 8 à 9 francs.

Mais, à côté de ce développement remarquable de la fonte ordinaire, il faut placer la production d'une autre variété qui joue aujourd'hui un rôle essentiel, nous voulons parler de la fonte malléable. C'est en 1863 que fut introduit en France, à l'usine de Froide-Fontaine, commune de Neufmanil, la fabrication de ce produit ; la fonte

malléable n'était connue auparavant que des Liégeois, qui la fabriquaient à titre de curiosité. C'est donc au département des Ardennes, et en particulier à l'usine Jacquemart, que nous décrirons plus loin, que revient l'honneur d'avoir introduit en France la fabrication de la fonte malléable. A l'heure actuelle, il y a dans le département 18 fonderies de fonte malléable produisant environ 3.100 tonnes, soit une valeur de 25 millions. Le nombre des ouvriers employés est de 800.

Enfin, nous signalerons que plusieurs usines ne se contentent pas de traiter la fonte en seconde fusion ; dans beaucoup d'entre elles, on coule aussi de l'acier fondu, de l'aluminium, du cuivre, en un mot tous les métaux susceptibles d'être moulés.

Nous ne pouvons songer à citer ici toutes les fonderies de la vallée de la Meuse ; nous nous contenterons de signaler les plus importantes et d'en décrire quelques-unes.

Les principales fonderies des Ardennes, qui occupent de 100 à 1.000 ouvriers, sont :

Société métallurgique d'Aubrives et Villerupt, à Aubrives ; — Péchenart, à Bourg-Fidèle ; — Deville, Paillette et Forest, à Charleville ; — Gustin fils aîné, à Deville ; — Guillet et Cie, à Haraucourt ; — Boutmy et Cie, à Margut ; — Vve Jacquemart, à Neufmanil ; — Hardy-Capitaine et Cie, à Nouzon ; — Henri Faure, à Revin ; — Arthur Martin, à Revin ; — Henri Morel, à Revin ; — Moranvillé et Huet, à Vivier-au-Court ; — Société du Pied-Selle, à Fumay ; — Fonderies de Monthermé et Laval-Dieu.

1. FONDERIE Vve JULES JACQUEMART, A FROIDE-FONTAINE.

Cette usine fut fondée en 1836 ; elle se trouve située à 2 kilomètres environ au-dessus de l'usine de la Cachette, dans la vallée de Neufmanil et Gespunsart, où coule le

ruisseau de la Gouttelle. Ce fut à l'origine un moulin à farine, qui tout d'abord fut transformé en une petite ferronnerie; puis un fondeur y introduisit le moulage de la fonte, on y fabriqua des armes portatives, des baïonnettes et des articles de chemins de fer; en 1863, comme nous l'avons dit, on introduisit la fonte malléable.

Aujourd'hui l'usine compte environ 200 ouvriers. Elle s'approvisionne pour la fonte ordinaire au comptoir de Longwy et pour la fonte malléable en Angleterre, en Allemagne et en Suède. Elle emploie comme combustibles des cokes et des houilles belges. Elle est desservie depuis Nouzon par le chemin de fer à voie étroite qui va jusque Gespunsart. Les débouchés de ses produits sont la quincaillerie, les Compagnies de chemins de fer et les industries privées en général. On n'y fabrique que de petites pièces. Le prix de vente est de 40 francs en moyenne pour la fonte ordinaire et de 90 francs pour la fonte malléable. D'une façon générale, les ouvriers sont payés à la tâche, et, comme partout dans les Ardennes, la paie a lieu tous les quinze jours. La plupart sont Français; il y a quelques Belges, mais tous d'origine locale; assez peu sont propriétaires; ils habitent le hameau de Froide-Fontaine et occupent leurs loisirs à des travaux domestiques.

Divisions de l'atelier. — Fonderie de fonte ordinaire; fonderie de fonte malléable; atelier de construction et de finissage.

Force motrice.— Une machine Corliss-Dujardin de 80 chevaux, avec une chaudière Belleville, et deux turbines hydrauliques, l'une de 18, l'autre de 45 chevaux, actionnées par la chute d'eau de la Gouttelle. Une dynamo à 70 volts sert pour l'éclairage.

Fonte ordinaire. — La fusion se fait dans deux cubilots, de 4 mètres de hauteur et 60 centimètres de diamètre, passant 1.500 kilogrammes à l'heure. Les charges sont de 200 kilogrammes de fonte pour 12 kilogrammes de coke. Le vent est soufflé par un ventilateur à 16 centimètres d'eau et distribué par la boîte à vent à l'aide de tuyères en fonte. La fonte est coulée en poches et vidée dans les moules.

Le moulage se fait à l'aide de sable d'Aiglemont, localité voisine, dans la proportion de 2/3 vieux pour 1/3 neuf, sans aucune autre addition.

Fonte malléable. — La fusion se fait dans deux cubilots semblables en tous points aux deux premiers; mais, comme il est nécessaire d'obtenir une plus haute température pour la fonte blanche que l'on emploie, on souffle à 30 centimètres d'eau et on consomme 16 kilogrammes de coke par charge de 200 kilogrammes de fonte. L'un d'eux a été reconstruit récemment, et on a supprimé le dispositif suivant, reconnu inutile et souvent gênant : au-dessus de la zone de combustion, on faisait des prises de gaz à l'aide de tuyaux et on ramenait ceux-ci dans la boîte à vent pour être brûlés.

La coulée de la fonte malléable se fait comme celle de la fonte ordinaire. Nous attirons l'attention sur la grande importance des masselottes, c'est-à-dire des réservoirs d'alimentation que l'on doit ménager et qui sont la garantie la plus sûre pour éviter les soufflures dues au phénomène que les fondeurs désignent sous le nom de tassement. Ces masselottes sont particulièrement importantes pour la fonte blanche, dont le retrait est bien supérieur à celui de la fonte grise.

Les modèles sont pour la plupart en métal (95 p. 100 au moins).

Fours à recuire la fonte. — C'est l'opération que l'on appelle généralement décarburation. Selon certains fondeurs, ce mot est impropre : à leur avis, le carbone n'est pas enlevé, il subit un simple changement d'état moléculaire.

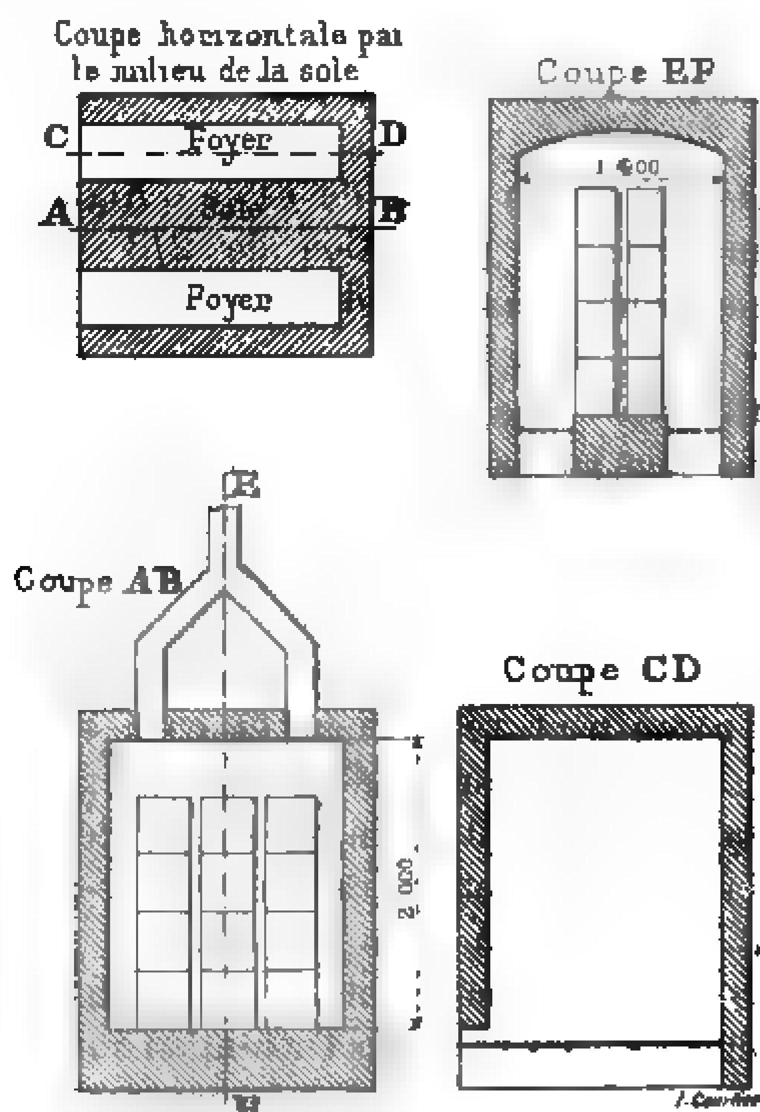


FIG. 16.

L'opération s'effectue dans des fours dont nous donnons le croquis par les coupes ci-jointes (*fig.* 16). Les pièces sont empilées avec de l'oligiste dans des caisses en fonte, et celles-ci disposées en colonnes dans le four. Elles y séjournent soixante-douze heures. On laisse refroidir vingt-quatre heures, on démolit les colonnes et vide les

caisses ; il faut compter un jour pour le nouveau chargement et un jour pour l'allumage, ce qui fait une opération par semaine.

La température de cuisson est très importante, une variation de 30° peut suffire pour gâcher toute une charge ; la conduite du four se règle d'après l'observation des briques portées au rouge ; les ouvriers reconnaissent très bien l'allure normale qu'il faut maintenir et s'en rapportent, en outre, à l'observation de montres Seger.

Le nombre des fours à recuire est de 12, groupés en deux batteries de 6. On passe 1.600 kilogrammes par four. La production annuelle de fonte malléable est de 900 tonnes, et autant de fonte ordinaire.

Atelier de finissage. — Il comprend des foreries, étaux-limeurs, cisailles, moutons, etc.

Pour le blanchissage des pièces, on les passe dans des tonneaux avec des rognures de cuir.

Le polissage se fait au sable ; celui-ci tombe dans une sorte de trémie verticale où arrivent en convergeant vers le bas deux courants d'air sous 70 centimètres d'eau de pression, fournis par un ventilateur. Le sable est ainsi projeté sur un plateau tournant sur lequel on dispose les pièces à polir. Le sable tombe ensuite dans une trémie ; il est remonté par une noria, et un aspirateur enlève les poussières entraînées.

FONDERIE HARDY-CAPITAINE ET Cie, A NOUZON.

Nous avons déjà parlé de cette maison à propos des ateliers de forges, par lesquels elle débuta. La fonderie créée plus tard se développa jusqu'à devenir la plus importante fonderie de fonte malléable de France. Elle comprend deux usines : l'une, créée en 1867, a 5.000 mètres carrés de superficie, limitée de tous côtés et ne pouvant

s'agrandir; l'autre, créée en 1899, en dehors de la ville, sur la route de Joigny, a 6.000 mètres carrés de superficie, dont 2.500 couverts.

L'ensemble de ces deux usines occupe environ 300 ouvriers et dispose du matériel suivant :

16 machines à mouler, 3 fraiseuses, 2 raboteuses, 8 perceuses, 10 tours, 1 machine à jet de sable, 20 tonneaux à rouler les pièces, 5 meules émeri, 4 broyeurs à sable, 4 diviseurs, 20 fours à 4 creusets chacun, 10 fours à recuire et 4 cubilots.

On emploie pour le moulage du sable d'Aiglemont ; on ne fait pas de fonte ordinaire et on emploie pour la fonte malléable des fontes anglaises ; on ne fait que de petites pièces qui jamais ne dépassent 200 kilogrammes.

Les cubilots passent 15 tonnes par jour chacun ; les charges sont formées de 15 kilogrammes de fonte grise pour 100 kilogrammes de fonte blanche.

Le travail est dirigé par un fondeur payé 5 fr. 50 par jour.

Le sable est broyé dans des broyeurs à meules, puis rendu impalpable dans des diviseurs. Un diviseur se compose essentiellement de deux roues concentriques munies de broches sur leur périphérie et tournant en sens inverse ; le sable broyé arrive par le centre ; il est projeté par la rotation à travers les broches et se divise en poudre impalpable.

Moulage mécanique. — Outre le moulage ordinaire, on emploie le moulage mécanique à l'aide de machines inventées par la maison et brevetées. Le principe en est très simple. Le châssis destiné à recevoir le modèle est placé sur une table mobile autour d'un axe horizontal. On dispose le modèle à l'intérieur du châssis, on remplit de sable et un piston le comprime fortement. Ce piston est mû par une crémaillère qui engrène avec un pignon que l'ouvrier

met en mouvement à l'aide d'une roue; pour pousser la compression plus loin, un bras de levier permet d'exercer sur le piston la pression nécessaire. On relève le piston, enlève l'excès de sable et fait tourner la table; le châssis, avec le moule, est déposé sur un plateau inférieur.

On moule ainsi des boites à graisse; deux machines sont associées, l'une fait le moule extérieur, l'autre le moule intérieur; un troisième ouvrier les assemble, et un gamin prépare les pièces accessoires, telles que le bec de la boite. C'est donc le travail par équipes; les ouvriers travaillent aux pièces et se partagent les salaires.

Fours à recuire. — Ce sont les mêmes qu'à Froide-Fontaine, mais ils sont beaucoup plus longs (5 mètres) et passent par charge 6.000 kilogrammes; aussi, au lieu d'être fermés à une extrémité, ils sont ouverts aux deux bouts, et sont symétriques par rapport à une coupe médiane transversale.

On charge les caisses à l'intérieur, puis on muraille les portes avec des briques, en laissant deux ou trois ouvertures vers le haut. Pour allumer, on obtient le tirage à l'aide d'une cheminée supérieure, et, quand la température est atteinte, on ferme la cheminée, les orifices ménagés dans les portes suffisent au dégagement des gaz. On recharge les foyers latéraux toutes les quatre heures.

Dans les caisses, on empile les pièces avec un mélange de 3/4 oligiste et 1/4 minerai de Lorn. La température se règle à l'œil; on fait aussi usage de montres Seger: le numéro 5 doit fondre et le numéro 3 reste debout. Mais les ouvriers s'y fient peu, ils préfèrent examiner la couleur des briques.

Fonte d'acier. — Anciennement, les boites à graisse se faisaient en fonte grise. Ayant été frappé de la quantité énorme de ces pièces qu'on cassait chaque année dans la

manœuvre et le roulement des wagons (ce chiffre s'élevait à 30.000 pour la Compagnie du Nord), on eut l'idée, en 1885, à la maison Hardy-Capitaine, de changer de métal et d'employer l'acier coulé ; on diminua l'épaisseur de moitié pour atténuer la différence de prix. Cette idée eut un très grand succès, et, pour en donner la preuve, voici quelques chiffres qui indiquent le nombre de boîtes fournies en acier coulé :

Nord...........	164.835
Nord belge.....	5.000
P.-L.-M.........	63.566
Ouest..........	10.650
Midi...........	4.520

On a également appliqué la fabrication en acier aux boîtes à graisse pour wagons de mines du système inversable de M. Mourère ; l'usine en a déjà fabriqué 4.860.

Fours à creusets. — On les emploie non seulement pour le moulage de l'acier, mais aussi pour le moulage de la fonte quand on veut faire des fontes spéciales. Ces fours se composent essentiellement d'une cuve carrée de 1 mètre carré de section et 1m,50 de hauteur. La grille est à 0m,80 environ du sol, lequel est en contre-bas du niveau général de l'usine ; le chargement se fait par un orifice supérieur au sommet de la cuve, lequel est au niveau du sol d'usine ; une cheminée recueille les gaz de deux fours accolés. On commence par disposer une couche de coke de 0m,50 environ, puis on place les creusets au nombre de quatre en carré, on couvre ceux-ci et on achève de remplir la cuve avec du coke. On ferme l'orifice supérieur, on allume et, quand le coke est bien embrasé, on souffle le vent pour produire la fusion des matières. L'opération totale dure environ deux heures.

Les creusets sont en plombagine, ils viennent d'Alle-

magne et d'Angleterre, et sont d'abord mis à sécher sur les fours à recuire. Chaque creuset a une contenance de 40 kilogrammes environ et coûte 12 francs ; pour l'acier, ces creusets font deux ou trois opérations ; pour la fonte, seize à dix-huit.

Les creusets sont manœuvrés à l'aide de pinces et de tenailles. On les laisse refroidir avant de les recharger ; le remplissage est complet.

Les fours doivent être réparés une fois tous les quinze jours.

Finissage. — Celui-ci est très peu important ; on livre, en général, les pièces brutes.

Comme force motrice, il y a à la vieille usine une machine Dujardin de 70 chevaux, desservie par un générateur Belleville, et une vieille chaudière de secours. A la nouvelle usine est une autre machine Dujardin monocylindrique de 100 chevaux, avec générateur semi-tubulaire.

Pour la réparation des pièces importantes qui présentent de petits défauts, on fait usage de la soudure autogène, avec emploi de chalumeau et bouteilles d'oxygène et d'hydrogène.

Fer fondu. — Enfin, il faut signaler une troisième partie, sur laquelle nous n'avons que peu de chose à dire, car c'est un secret de la maison en application depuis très peu de temps. C'est le moulage du fer fondu. Tout ce que nous pouvons dire, c'est que le principe général est celui du creuset, avec emploi supposé d'aluminothermie pour obtenir la température finale nécessaire.

Questions économiques. — La production moyenne annuelle est de 1.300.000 francs. L'exportation est insignifiante. Sur 1.000 tonnes de produits, on fait 900 tonnes

de fonte malléable et 100 tonnes d'acier coulé et fer moulé.

Les ouvriers touchent des salaires variables suivant leur habileté, puisqu'ils travaillent à la tâche en général :

Un ouvrier à la journée gagne de 6 à 7 francs;

Un mouleur à la main gagne de 6 à 15 francs;

Un mouleur à la machine gagne de 8 à 10 francs.

Les débouchés des produits sont l'automobilisme, l'agriculture, la marine militaire, l'artillerie, la quincaillerie, la fumisterie, les constructions mécaniques, etc.

Comme institution patronale, nous citerons la Caisse des retraites. Les ouvriers et employés qui veulent faire des versements à la Caisse nationale des retraites reçoivent du patron une somme égale à leur versement, sans que cette participation puisse excéder 2 francs par ouvrier et par quinzaine. Cette institution est en vigueur depuis 1892. Comme résultats, plusieurs ouvriers ont actuellement 175 francs de rente et n'ont pas atteint quarante ans.

En outre, les ouvriers et employés qui ont trente années de service consécutives, sans distinction de nationalité, reçoivent 100 francs au 1er janvier de chaque année.

GUSTIN FILS AINÉ, FONDERIE ET CONSTRUCTION, A DEVILLE.

Les ateliers de construction, de forges et de fonderies de la maison Gustin comprennent les deux usines de Saint-Dominique et du Calvaire, sur la route de Deville à Sécheval.

USINE DE SAINT-DOMINIQUE.

Elle comprend deux grandes divisions : la fonderie et la construction.

Fonderie. — La spécialité de la maison est le cylindre d'automobile ; on fabrique journellement 100 cylindres du poids moyen de 30 kilogrammes. On utilise, à cet effet, un sable spécial ; le travail est excessivement délicat et exige des ouvriers très habiles ; aussi ont-ils un salaire minimum de 10 francs par jour ; les plus habiles gagnent jusque 22 francs, mais ils sont rares. Le moulage se fait à plat et en deux parties ; la difficulté est l'assemblage de toutes les pièces qui doivent ménager, outre les orifices d'admission et d'échappement, la double enveloppe de refroidissement.

Outre le cylindre d'automobile, la maison fabrique la grille pour générateurs du système Wagner, dont le brevet a été racheté par M. Gustin.

La fonderie est desservie par deux cubilots donnant une fonte particulière ; elle occupe quatre-vingts ouvriers.

Il existe, en outre, une fonderie mécanique avec trois machines hydrauliques de la maison Feugère, à Rouen, et deux machines à bras ; l'eau est mise sous pression dans un accumulateur à 50 kilogrammes au maximum ; la machine est formée d'un double piston, l'un pour le moulage, l'autre à l'intérieur du premier pour le démoulage.

On y fabrique des cylindres, mais la spécialité est le poêle Choubersky.

Les ouvriers employés à ces machines ne sont pas considérés comme des mouleurs, mais simplement comme des manœuvres. Leur gain moyen est de 5 francs par jour ; ils sont une vingtaine.

Ateliers de construction. — C'est la partie la plus intéressante. La spécialité est la construction d'appareils de levage en tous genres, ponts roulants, grues fixes et roulantes, à volées ou à palées, cabestans transbordeurs, monte-charges à bras, à vapeur, électriques et à pétrole, échelles d'observation pour l'artillerie.

L'atelier en lui-même n'a rien de spécial; il comporte toutes les machines-outils dont nous avons parlé ailleurs, et une salle de construction desservie par ponts roulants.

La maison possède plusieurs brevets, entre autres un embrayage automatique pour l'accouplement des moteurs; le pont roulant de 12 tonnes de l'Exposition de Liège, la grue à pétrole de 1.500 kilogrammes avaient été construits dans les ateliers Gustin.

USINE DU CALVAIRE.

Celle-ci, plus récente, comporte une fonderie de fonte malléable et une fonderie de bronze et d'aluminium; on y construit, en outre, différents appareils pour l'agriculture.

Elle est desservie par une turbine hydraulique et par un moteur à gaz pauvre de 40 chevaux; une dynamo à 110 volts sert pour l'éclairage.

La fonderie d'aluminium n'a rien qui la différencie d'une fonderie ordinaire. On y fabrique surtout des carters d'automobiles et des volants de direction; la production journalière est de 3 à 400 kilogrammes.

L'usine comprend 8 fours à creusets, 1 cubilot et 4 fours à recuire, passant chacun 3.000 kilogrammes.

L'ensemble des deux usines compte 250 ouvriers. La fonderie comporte une morte-saison, en juillet et août, c'est-à-dire au moment où les maisons d'automobiles étudient leurs nouveaux modèles.

REVIN.

Revin est, avec Monthermé, Château-Regnault et Nouzon, l'un des centres industriels les plus considérables de la vallée de la Meuse; c'est par excellence le pays de la fonderie; on y compte huit fonderies en deuxième fusion

avec fonderie construction, fonderie émaillerie, nickelage et cuivrage, occupant ensemble 13 à 1.400 ouvriers.

FONDERIE FAURE, PÈRE ET FILS.

C'est la plus importante; elle occupe à Revin même environ 600 ouvriers, et il faut encore y ajouter l'usine de galvanisation, située à la Commune, écart de Revin.

La fonderie fut créée, vers 1835, par M. Théodore Faure, qui, après des débuts pénibles, eut la bonne fortune de savoir profiter de quelques années où l'hiver fut particulièrement rigoureux, ce qui permit à la spécialité de sa fonderie, l'article de chauffage, de prendre un développement rapide.

Aujourd'hui, la fonderie, gérée par M. Henri Faure et ses fils, comprend trois grands bâtiments dont la fabrication se borne uniquement à l'article de chauffage et de ménage, ce qui exige, pour qu'elle puisse se suffire à elle-même, un atelier de tôlerie, un d'émaillage, un de nickelage, une fonderie de cuivre et un atelier de galvanisation.

Fonderie proprement dite. — 1° *Atelier de modelage.* — Les différents modèles des fourneaux et leurs décorations sont d'abord exécutés par un modeleur qui fait une maquette en glaise; avec celle-ci on fait un premier modèle en plâtre que l'on retouche, puis avec ce modèle en plâtre on en coule un autre en zinc, qui permet de fouiller soigneusement tous les détails; enfin on coule le modèle définitif en fonte, lequel est remis aux mouleurs.

2° *Atelier de moulage.* — Le moulage se fait entièrement en châssis, avec du sable d'Aiglemont et de Renwez. Celui-ci est d'abord broyé dans un moulin qui peut débiter environ 7 tonnes par jour; le sable vieux repasse également dans des broyeurs à meules, où on lui ajoute du

sable neuf et un peu d'eau ; puis le mélange passe au diviseur et est envoyé au moulage.

D'une façon générale, le moulage se fait à la main. Il existe cependant cinq presses à friction, à chacune desquelles travaillent séparément deux ouvriers, l'un faisant le moule en creux, l'autre le moule en relief. En outre, cinq machines hydrauliques seront prochainement en installation.

La fonte, provenant du comptoir de Longwy, est fondue dans deux cubilots, alternativement en service tous les jours.

3° *Atelier d'émaillage.* — Les pièces à émailler sont d'abord décapées dans une solution sulfurique à raison de 6 litres d'acide pour 1 mètre cube d'eau ; elles y séjournent deux heures et demie à trois heures. Elles sont ensuite lavées à l'eau fraîche, puis à l'eau chaude pour faciliter le séchage. De là, elles passent dans des étuves chauffées par la circulation inférieure des flammes perdues des fours d'émaillage ; on les y laisse un jour. On les chauffe ensuite dans les fours d'émaillage, formés d'une chambre en briques réfractaires avec chauffe inférieure où l'on brûle des briquettes ; ces fours sont au nombre de deux, un seul est en service et marche nuit et jour ; la pièce, portée au rouge, est retirée à l'aide d'une fourche et saupoudrée de matière à émailler ; on la repasse quelques minutes au four et on la laisse refroidir.

Pour la préparation des émaux, on utilise une foule de matières telles que silice, borate de soude, arsenic, plomb, litharge, minium, etc. Le mélange est fait au laboratoire, dans des proportions qui sont le secret de la maison, puis introduit dans des creusets à raison de 10 kilogrammes par creuset ; ceux-ci sont portés dans des fours à cuve sur le coke incandescent ; la matière fond, on fait des prises d'essai à l'aide d'un ringard et on étire la matière ; quand elle donne de beaux fils fins, sans

bourrelets, on retire le creuset et on coule sur une dalle en fonte. La matière, coulée et refroidie, est concassée puis broyée dans des bocards.

4° *Atelier de montage.* — Les pièces sont d'abord ébarbées, limées et percées s'il y a lieu. Puis on en fait l'assemblage pour la construction des différents modèles.

A cet atelier se rattache le finissage des marmites. On les polit intérieurement à l'aide d'un morceau de grès des Vosges fixé au bout d'une pince et qu'on appuie fortement sur la marmite animée d'un mouvement de rotation. Après polissage, on décape et étame l'intérieur ; l'extérieur est verni.

Bâtiment « l'Ardennaise ». — *Tôlerie.* — On y fabrique d'abord des tuyaux de poêle ; on part d'une feuille de tôle que l'on enroule en la faisant passer entre trois cylindres ; l'assemblage se fait par rivets ou par agrafe : pour ce dernier genre d'assemblage, on replie d'abord les deux bords de la tôle et, après enroulement, on les agrafe l'un dans l'autre, puis on resserre l'agrafe entre deux cylindres.

Des machines spéciales fabriquent également les coudes de tuyaux.

Dans les tôles, on découpe aussi les façades de fourneaux, à l'aide d'une presse à friction capable de découper des tôles de $1^{mm},6$.

Le bâtiment comporte un atelier de tournage en cuivre et fer, pour le finissage de différentes pièces.

Atelier de nickelage. — Les pièces à nickeler sont d'abord polies sur des meules en buffle recouvertes d'émeri ; on les lave ensuite au pétrole, puis on les passe dans une solution de potasse et à l'eau froide. Les pièces ainsi préparées sont introduites dans des cuves en fonte de $2^{m},00 \times 0^{m},80 \times 1^{m},00$, remplies d'une solution de sulfate de nickel et garnies intérieurement de gutta-percha. Les anodes sont constituées par des plaques ver-

ticales, au nombre de cinq, reposant sur chacun des longs côtés de la cuve, et réunies par une barre de cuivre pour le passage du courant; on suspend les pièces à nickeler à deux barres de cuivre longitudinales, et on fait passer un courant sous 4 volts pendant vingt minutes pour les pièces en fonte, dix minutes pour celles en cuivre ; on les retire et on les polit à l'aide d'une meule en buffle, on les passe finalement dans de la sciure de bois.

Fonderie de cuivre. — Elle comprend deux fours oscillants système Piat. Ceux-ci sont formés d'une cuve rectangulaire avec un fromage dans le fond sur lequel on fait reposer le creuset en plombagine capable de tenir 200 kilogrammes. On garnit de coke autour du creuset et on souffle. Souvent aussi on place sur le creuset une rehausse pour le chargement continu des matières au fur et à mesure de la fusion ; celle-ci dure une heure. On fait osciller la cuve à l'aide d'un levier ; elle porte un bec au niveau du bord supérieur du creuset ; le cuivre fondu s'écoule dans les cuillers de moulage.

Les creusets viennent d'Angleterre et font environ quinze opérations.

On fabrique ainsi des robinets, des poignées de portes pour fourneaux et aussi des articles pour l'étranger, tels qu'étriers pour la cavalerie argentine.

Le moulage se fait comme celui de la fonte, mais le sable doit être plus serré, et les moules doivent être étuvés vingt-quatre heures.

Pièces oxydées. — On fait un polissage demi-fin, on chauffe au feu de forge et on étend une couche d'huile de lin ; on rebrûle la pièce, laisse refroidir et passe une couche de cire ; on chauffe à nouveau : par refroidissement, la pièce prend un éclat noir assez joli.

SOCIÉTÉ ANONYME D'AUBRIVES-VILLERUPT.

FONDERIE DE TUYAUX D'AUBRIVES.

Les usines d'Aubrives et de Villerupt sont si étroitement liées entre elles que nous ne pouvons parler de la première sans dire quelques mots de la seconde.

Généralités. — L'usine d'Aubrives est située dans la vallée de la Meuse, à mi-distance des gares de Givet et de Vireux. Elle possède un raccordement avec la ligne de l'Est et un canal intérieur d'embarquement qui la met en communication avec la Meuse.

L'usine de Villerupt se trouve à l'extrémité du riche bassin minier de Longwy, aux frontières d'Alsace-Lorraine et du Luxembourg. Elle est raccordée aux chemins de fer de l'Est et aux chemins de fer d'Alsace-Lorraine.

L'usine d'Aubrives a été créée en 1858; les hauts fourneaux de Villerupt existent depuis 1885. La superficie totale de l'usine d'Aubrives et de ses dépendances est de 86.000 mètres carrés, et la superficie couverte de 13.600 mètres carrés. La superficie totale de l'usine de Villerupt est de 310.000 mètres carrés, et la superficie couverte de 16.800 mètres carrés.

USINE D'AUBRIVES.

L'usine comprend :

1° Une grande fonderie de tuyaux produisant mensuellement 1.200 tonnes de tuyaux coulés verticalement; elle possède comme outillage dix ponts roulants, une installation hydraulique pour l'épreuve des tuyaux, des gazogènes pour le séchage des moules, et toutes les installations de détails de la fabrication des tuyaux;

2° Une fonderie pour petites pièces et pour les raccords de canalisations de petites dimensions ;

3° Une fonderie pour pièces mécaniques à travailler dans les ateliers et pour les raccords de grandes dimensions.

Ces fonderies sont placées en lignes parallèles dans un grand corps de bâtiment, en avant duquel sont établis cinq cubilots, dont quatre grands de 22 tonnes avec monte-charges hydraulique, et un plus petit supplémentaire. Les cubilots sont du système Bayot, à huit tuyères sur deux rangées de quatre. Le vent est soufflé à 13 centimètres de mercure. On coule 100 tonnes par jour. Le trou de coulée se trouve à l'intérieur de l'usine ; on coule en poches de 4.000 kilogrammes, qui sont soulevées et emportées par les ponts roulants ;

4° Un atelier d'entretien et de construction avec un outillage important permettant la construction des différents articles suivants : coussinets, gargouilles, plaques de regard, sabots de frein pour locomotives, tuyaux depuis 40 millimètres de diamètre jusque 2 mètres, colonnes, bornes-fontaines, joints, candélabres, vannes, plaques tournantes, etc.

Fabrication des tuyaux en fonte coulés verticalement (*) (*fig.* 8 à 11, Pl. I). — 1° ***Moule extérieur.*** — On fait usage de châssis verticaux en deux pièces assemblées avec des boulons ; ces châssis sont en fonte ; ils constituent de la sorte un cylindre qui porte à sa partie inférieure un évidement tronconique pour centrer le noyau et le modèle. Chaque châssis est percé de trous pour l'évacuation des gaz pendant la coulée (*fig.* 8).

(*) Nous extrayons cette note de nos carnets de visite aux usines de l'Est, et en particulier de Pont-à-Mousson, où la fabrication des tuyaux est semblable à celle d'Aubrives.

Les châssis sont fixés verticalement les uns contre les autres contre une paroi rectiligne et sont desservis par un pont roulant.

Avec le châssis on fait usage d'une forme en bois (*fig.* 9); on centre celle-ci, et entre les deux on serre du sable. L'opération se fait par deux ouvriers, tandis qu'un gamin projette le sable d'une façon continue. Les ouvriers emploient pour le serrage de longues battes en bois constituées par une tige que termine une spatule.

Le moule est ensuite séché au gaz de gazogène; une rampe démontable dessert chaque rangée de châssis, et un jet de gaz brûle à la base de chaque châssis.

2° *Noyau.* — L'axe du noyau se compose d'une lanterne en fer ou fonte percée de trous pour l'échappement des gaz. Cette lanterne porte à l'une de ses extrémités un cône tourné aux mêmes dimensions que l'évidement du modèle (*fig.* 10).

On enroule sur la lanterne de la paille ou du foin tressé, afin de permettre l'enlèvement de la lanterne malgré la contraction de la fonte.

On applique ensuite deux couches de terre, la première formée de terre glaise grossière un peu grasse, la seconde plus fine, en terre glaise plus maigre, contenant plus de terre cuite. On fait le séchage après chaque couche et on noircit le noyau au noir liquide, formé de charbon de bois, de terre de pipe et de plombagine.

La forme et les dimensions du noyau sont données au moyen d'un gabarit fixé sur chevalets et vis-à-vis duquel le noyau tourne.

Etuvage de noyau. — Les noyaux sont placés horizontalement sur un chariot aménagé à cet effet et sont conduits dans une étuve en maçonnerie chauffée au gaz.

Le séchage dure de deux à trois heures pour chaque couche.

3° *Remmoulage* (*fig.* 11). — Le noyau étant sec, on fait sur

la périphérie supérieure des entailles de 2 à 3 millimètres de profondeur sur 2 à 3 centimètres de largeur destinées à laisser passer la fonte et à empêcher les scories contenues dans celle-ci de venir dans le moule. On descend ensuite le noyau dans son moule. Le cône de la lanterne vient se loger exactement dans le cône de la cuvette et centre parfaitement le noyau à sa partie inférieure. Le noyau est renflé à sa partie supérieure et le diamètre de ce renflement est exactement le même que celui du moule en ce point. Le noyau vient donc en cet endroit en contact intime avec le moule et se centre parfaitement par rapport à celui-ci.

4° *Coulée.* — La fonte liquide est amenée sur le moule dans une poche manœuvrée au pont roulant. La fonte vient dans une gorge annulaire supérieure, descend dans le moule par les encoches pratiquées sur le pourtour du noyau avant son remmoulage. Les scories ne peuvent passer par ces encoches, et restent dans l'espace annulaire formant masselotte.

5° *Ébarbage des tuyaux.* — Les tuyaux sont placés horizontalement sur deux rails. On retire les lanternes, on enlève la terre calcinée à l'intérieur du tuyau et on fait sauter au burin et à la lime les quelques bavures qui se trouvent au cordon et à l'emboîtement.

Le tuyau est ensuite coupé et, s'il n'a aucun défaut apparent, il est considéré comme bon à subir les essais à la presse hydraulique.

6° *Essai à la presse.* — La presse hydraulique se compose de deux bâtis en fonte distants l'un de l'autre d'une longueur du tuyau à essayer et reliés entre eux par des boulons en fer ou en acier. Un bâti porte seulement une garniture en plomb et fil pour faire joint contre le tuyau. Le deuxième bâti porte un piston ayant un trou central pour l'arrivée de l'eau d'emplissage et de pression. Pour l'essai, on amène le tuyau au centre du piston

et du bâti opposé. On ouvre le robinet d'eau d'emplissage du tuyau; le piston est poussé en avant et fait joint contre le tuyau. Le tuyau rempli, on ouvre le robinet d'eau sous pression pendant quelques minutes. On le frappe pour s'assurer qu'il n'a pas de soufflures ni d'autres défauts. Les tuyaux sont essayés à 15, 20 ou 25 atmosphères.

7° *Coaltarisation.* — Les tuyaux sont chauffés dans une étuve au gaz et sont ensuite plongés dans un bain de goudron. On les retire, laisse refroidir et sécher.

Tuyaux frettés. — Nous citerons, comme spécialité brevetée de la Société d'Aubrives, les tuyaux frettés de fils d'acier, système Jacquemart. Ce sont des tuyaux en fonte ordinaire, coulés verticalement, qui portent extérieurement des nervures venues de fonte, entre lesquelles des fils d'acier écroui de 5 à 6 millimètres de diamètre sont enroulés sous une tension d'environ 15 kilogrammes par millimètre carré de section du fil.

La régularité de cette tension est obtenue par le passage du fil au travers d'une filière de dimension convenable, et le tuyau, en tournant, enroule lui-même les fils, dont les extrémités pénètrent dans les nervures du tuyau et y sont rivées. Pour plus de sûreté, un bain d'étain étame tous les fils suivant plusieurs génératrices et, les rendant solidaires, en parachève l'attache.

Afin de préserver de l'oxydation les frettes ainsi constituées, elles sont recouvertes d'une couche d'un mélange d'asphalte et de bitume, appliquée à chaud, qui est protégée par les bords des nervures, formant ainsi un bloc d'une grande résistance au choc et d'une imperméabilité absolue.

Avantages des tuyaux frettés. — Les frettes que l'on applique aux tuyaux doublent leur résistance à la rupture, ainsi qu'il résulte de nombreuses expériences.

En cas de rupture du tuyau fretté, la fuite sera tou-

jours réduite à une simple fissure sur une génératrice comprise entre deux frettes, tandis qu'avec un tuyau ordinaire de gros diamètre qui se brise dans une conduite, il arrive presque toujours que les sections détachées du cylindre soient écartées, et que, par cet orifice, la conduite se vide violemment, constituant de véritables désastres.

La ville de Paris a adopté ce système de tuyaux frettés pour un siphon de 1.200 mètres de longueur, servant au transport des eaux d'égout dans les champs d'épandage de Triel.

Comme autres spécialités, nous citerons la fontainerie, les appareils pour distributions de gaz, et nous signalerons que l'usine d'Aubrives a fourni 160 colonnes en fonte supportant les viaducs du métropolitain de Paris, dont la hauteur varie de 6^{m},500 à 9^{m},500.

L'usine a fourni également 92 rotules pour tuyaux de 400 de diamètre, en 1899, pour la traversée du Mékong, à Pnom-Penh (Cambodge), sous une hauteur d'eau de 12 mètres et sur une longueur de 800 mètres ; cette conduite sert à l'alimentation de la ville.

Personnel. — Le nombre total des ouvriers employés dans les deux usines est d'environ 1.200. L'usine d'Aubrives emploie surtout des Belges, les trois quarts au moins. Autour de l'usine ont été établies deux cités ouvrières pouvant loger une cinquantaine de ménages.

Le chiffre d'affaires annuel est d'environ 6 millions de francs.

L'administration et la direction de la Société sont assurées par un conseil d'administration, par un comité de direction et par le directeur de la Société, M. Jacquemart.

Nous bornerons à cet exposé général, un peu décousu et souvent incomplet, notre étude sur l'industrie arden-

naise. Bien des choses resteraient encore à dire ; bien des usines, et des plus importantes, seraient encore à visiter et à décrire : à ceux qu'une telle étude intéresserait, les Ardennes ouvrent de vastes horizons et réservent de précieux enseignements. Nous souhaitons que d'autres, plus autorisés et plus compétents que nous, entreprennent un jour la tâche intéressante de décrire plus en détail et avec une documentation plus complète cette belle industrie des Ardennes et d'en faire mieux ressortir la valeur et l'importance.

TABLE DES MATIÈRES.

BULLETIN.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE LA HONGRIE EN 1905.

NATURE DES PRODUITS	QUANTITÉS	VALEURS	PRIX MOYEN
	tonnes	francs	fr. c.
Houille	914.055	9.780.653	10,70
Lignite	6.015.452	40.557.305	6,74
Briquettes	144.697	2.272.837	15,71
Coke	69.303	2.004.536	28,92
Roches asphaltiques	19.392	4.131	0,21
Bitume	173	20.034	115,80
Huile minérale	478	28.228	59,05
Minerais de fer exportés	779.193	3.703.992	4,73
— de manganèse	10.088	102.282	10,14
Fonte d'affinage	403.719	32.115.544	79,55
Fonte de moulage	17.563	3.293.438	187,52
Minerai d'or	140	4.410	81,50
Minerai de plomb	9	1.134	126,00
Plomb	2.355	782.689	332,34
Minerai de zinc	173	9.714	56,15
Cuivre	73	116.766	1.599,53
Cuivre de cément	2.578	412.660	160,07
Minerai d'antimoine	819	119.483	145,89
Antimoine (régule et métal)	714	525.066	735,38
Mercure	36	170.140	4.726,11
Bismuth	1,39	14.588	10.495,00
Pyrite de fer	106.748	928.877	8,70
Sulfate de fer	920	15.865	17,24
Couleurs minérales	196	24.724	126,14
Soufre	135	20.849	154,44
Acide sulfurique	1.410	17.858	12,66
Roches alunifères	74	1.050	14,19
Sulfure de carbone	2.760	811.563	294,04
	kilogr.		
Or	3.664	12.617.301	3.443,59
Argent	15.921	1.594.081	100,12
VALEUR TOTALE		112.071.778	

Le nombre des ouvriers employés à l'exploitation des mines et au travail des usines métallurgiques a été, en 1905, de 71.570, répartis comme suit :

Hommes	64.870
Femmes	1.713
Enfants	4.987
Total	71.570

Les accidents survenus dans les mines et dans les usines ont donné lieu, en 1905 :

à 112 tués .... soit 17,6 pour 10.000 ouvriers
et 350 blessés grièvement... — 48,9 —

(*Extrait de l'*Œsterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen.)

COMMISSION DU GRISOU.

SUR LES DANGERS
QUE PEUVENT PRÉSENTER
LES LAMPES DE SURETÉ
MUNIES DE RALLUMEURS A AMORCES FULMINANTES

RAPPORT PRÉSENTÉ A LA COMMISSION

Par M. G. CHESNEAU, Ingénieur en Chef des Mines,
Secrétaire de la Commission.

Par dépêche en date du 25 février 1907, M. le Ministre des Travaux publics a communiqué à la Commission du Grisou un rapport, en date du 6 février 1907, de M. l'Ingénieur en Chef des Mines Léon, rendant compte des premières constatations faites en ce qui concerne l'explosion de grisou survenue, le 28 janvier dernier, aux mines de Liévin.

Dans son rapport, M. Léon expose que cette explosion, qui a coûté la vie aux ingénieurs Vaissières et Pelvey et au chef-porion Laurent de la fosse n° 3 des mines de Liévin, a pris naissance, d'une façon irréfutable, sur la lampe du chef-porion, lampe « type Arras » de système Wolf à essence, à alimentation par le bas, à fermeture magnétique, avec allumeur vertical à amorces fulminantes et commande rotative latérale.

Cette lampe, retrouvée en bon état et sans aucune détérioration, a été soumise, après l'accident, dans l'ap-

pareil que possède la Compagnie de Liévin, à des essais dans des mélanges explosifs d'air et de gaz d'éclairage au repos et en vitesse, auxquels elle a parfaitement résisté.

L'attention du Service des Mines a alors été attirée, à la suite d'essais faits par M. Morin, ingénieur en chef des mines de Liévin, sur le danger provenant des particules qui se détachent des rallumeurs à amorces fulminantes, et M. Léon a constaté, soit défaut général de cette classe de rallumeurs, soit défaut spécial aux dernières livraisons faites par les fabricants étrangers, qu'en rallumant soixante ou soixante-cinq fois la lampe, inclinée comme on fait d'ordinaire, des parcelles non brûlées de la poudre fulminante se déposaient dans le barillet du rallumeur, sur le verre, sur les deux tamis et même sur les parois de la cuirasse. Chacun de ces dépôts, mis dans une capsule chauffée, a donné des étincelles courtes et vives, qui ont suffi à chaque coup pour enflammer le gaz d'un bec Bunsen. Dans d'autres essais, de la poudre fulminante frottée sur un double tamis a enflammé un bec Bunsen de l'autre côté du tamis.

Sous réserve des résultats qu'on obtiendrait dans le grisou pur, ces premiers essais sont d'autant plus inquiétants qu'il y a environ 20.000 lampes à essence à rallumeurs par amorces fulminantes dans le bassin du Pas-de-Calais, et que de nombreuses commandes de lampes de ce type sont en cours. M. Léon pose en conséquence à l'Administration supérieure la question de savoir si l'on doit continuer à autoriser les rallumeurs à amorces fulminantes, concurremment avec les rallumeurs à pâte fusante au phosphore blanc, comme le font les Allemands, qui, tout en considérant les amorces à phosphore blanc comme plus sûres vis-à-vis du grisou, ont admis que, dans la pratique minière, les deux systèmes présentent des garanties équivalentes — ou, au contraire, si l'on doit n'autoriser, comme en

Belgique, que les rallumeurs à amorces en pâte de phosphore blanc collées sur une bande étroite de toile paraffinée.

OBSERVATIONS ET ÉTUDES DU RAPPORTEUR.

Le danger des particules détachées *non brûlées* des amorces des rallumeurs, mis en lumière par M. Morin, est un fait entièrement nouveau, qui avait complètement échappé jusqu'ici aux expérimentateurs : ceux-ci, ne soupçonnant même pas son existence, s'étaient exclusivement attachés à vérifier la possibilité de l'inflammation au dehors par rallumage de la lampe plongée dans une atmosphère explosive, danger signalé en 1883 par M. Marsaut dans ses expériences classiques sur les lampes placées dans des cloches contenant des mélanges explosifs allumés à l'intérieur de la lampe par une étincelle électrique (*). Ce phénomène a été étudié à la même époque par MM. Mallard et Le Chatelier, qui en ont nettement précisé le mécanisme (**), et les essais qui ont été faits plus tard sur les rallumeurs par amorces n'ont eu d'autre but que de déterminer la probabilité de « l'effet Marsaut » par rallumage des lampes dans les atmosphères explosives de grisou ou de gaz d'éclairage : c'est bien ce qui résulte des publications faites jusqu'à ce jour sur les rallumeurs et que nous passerons tout d'abord brièvement en revue.

Dans les premiers essais faits à notre connaissance d'une façon systématique sur les lampes à essence à rallumeurs, et exécutés à Neunkirchen par MM. Gerlach et

---

(*) *Etude sur la lampe de sûreté des mineurs*, par J.-B. Marsaut, Alais, 1883.

(**) *Sur les lampes de sûreté à propos des récentes expériences de M. Marsaut*, par MM. Mallard et Le Chatelier (*Annales des Mines*, 1re livraison, 1883).

Lohmann (*), ces ingénieurs n'ont obtenu d'inflammation au dehors, dans les mélanges explosifs de grisou au repos, qu'avec les lampes à simple tamis sans cuirasse munies de rallumeurs à amorces fulminantes Seippel ; avec cuirasse, ils n'ont pas obtenu d'inflammation au dehors. Sans ou avec cuirasse, ils n'en ont pas obtenu avec les rallumeurs Wolf par friction de bandes paraffinées à pastilles de phosphore blanc. Bien que la sécurité fût donc moindre avec les amorces fulminantes Seippel qu'avec les pastilles de phosphore blanc, les deux systèmes furent admis en Allemagne, les amorces fulminantes donnant un rallumage plus efficace et encrassant moins les lampes que les bandes paraffinées, et cet avantage paraissant compenser le degré moindre de sécurité.

Les essais faits en Westphalie par le Bergassessor Fähndrich, de 1899 à 1901 (**), ont confirmé ces résultats : passage de flamme au rallumage (1 à 3 p. 100, suivant les types) par amorces fulminantes avec les lampes à simple tamis sans cuirasse, et pas de passage avec les lampes à double tamis sans cuirasse ; pas de passage avec les bandes paraffinées et les lampes à simple ou double tamis sans cuirasse.

Les expériences faites en 1901 par la Commission française du Grisou, à l'occasion de demandes d'emploi dans les mines grisouteuses de lampes à essence avec rallumeurs de différents types, ont donné les mêmes résultats qu'en Westphalie (***) : avec les amorces fulminantes, passage une fois sur cinq à dix essais, suivant le type de lampe, avec un seul tamis sans cuirasse ; pas de

---

(*) *Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinen-Wesen*, 1897, t. XLV.

(**) *Entwickelung der niederrheinischen-westfälischen Steinkohlenbergbauen*, t. VII.

(***) *Sur une nouvelle lampe de sûreté à essence système Wolf*, rapport présenté à la Commission du Grisou par G. Chesneau (*Annales des Mines*, novembre 1901).

passage avec double tamis et cuirasse dans les mélanges explosifs au repos ou en vitesse. Avec les bandes paraffinées, aucun passage même avec simple tamis sans cuirasse. Dans ces conditions, les lampes à essence admises alors en France étant toutes à double tamis avec cuirasse (type Marsaut ou type Wolf à admission d'air par le bas), la Commission a cru pouvoir proposer l'autorisation du rallumage par amorces fulminantes, aussi bien que par amorces fusantes au phosphore blanc.

Les études faites en 1904 en Belgique au siège d'expériences de Frameries, par MM. Watteyne et Stassart (*Expériences sur les lampes de sûreté ; Annales des Mines de Belgique*, t. IX, 1904), ont également porté exclusivement, comme leurs devancières, sur le danger de « l'effet Marsaut » par rallumage de la lampe dans une atmosphère grisouteuse, chargée ou non de poussières, avec des lampes neuves ou usagées, enfin dans le cas extrême où la toile de la lampe aurait été, avant que celle-ci ne s'éteignît, portée au rouge sous l'action d'un courant grisouteux, et où l'on aurait immédiatement, avant même que la toile ait cessé d'être rouge, fait fonctionner le rallumeur. Les essais ont été presque tous faits dans des mélanges en vitesse (minimum 1 mètre, maximum 15 mètres) ; en voici les résultats.

Amorces fulminantes (rallumeurs à explosifs). — *Avec un seul tamis sans cuirasse*, il n'y a eu aucun passage sur 50 essais à la vitesse de 1 mètre ; 4 passages sur 51 essais à la vitesse de 2 mètres, et 1 sur 92 à la vitesse de 3 mètres. — *Avec double tamis sans cuirasse*, à la vitesse de 3 mètres, sur 281 rallumages, 3 passages à travers les deux toiles, et 5 passages à travers le tamis intérieur seulement, ces 8 passages s'étant produits avec le tamis intérieur porté préalablement au rouge ; à la vitesse de 6 mètres, sur 222 rallumages, 2 passages à

travers les 2 toiles, tamis intérieur préalablement rougi; à la vitesse de 12 mètres, aucun passage sur 112 rallumages; enfin, à la vitesse de 15 mètres, 1 passage sur 53 rallumages, la toile étant noire.

Notons, en passant, que, contrairement à ce qu'on aurait pu penser *à priori*, l'accroissement de vitesse au-dessus de 2 mètres parait diminuer le danger, au lieu de l'augmenter. Nous aurons à signaler plus loin un résultat du même ordre dans nos propres expériences : la vitesse du courant extérieur agit là en *refoulant* les gaz de l'explosion intérieure dans la lampe et atténue ainsi les chances de passage de la flamme à travers la toile.

Rallumeurs au phosphore blanc. — Il n'y a pas eu de passage à l'extérieur de la lampe, même avec tamis intérieur préalablement rougi, dans aucun des 1.275 rallumages, effectués comme précédemment à des vitesses comprises entre 1 mètre et 15 mètres (345 essais avec un seul tamis sans cuirasse, 865 avec deux tamis sans cuirasse, 65 avec deux tamis et cuirasse). Dans deux rallumages seulement avec double toile sans cuirasse, il y a eu passage à travers la toile intérieure, à la vitesse de 5 mètres, en atmosphère poussiéreuse, le tamis ayant été préalablement rougi.

Quelques essais, en plus petit nombre, ont été faits dans des mélanges au repos, avec ou sans surpression de 2 mètres d'eau, la lampe étant munie d'un seul tamis sans cuirasse : il s'est produit, à la température de 30 à 40°, une traversée sur 59 essais avec les amorces fulminantes, et aucune sur 38 essais avec les rallumeurs au phosphore. Avec des surpressions nulles ou inférieures à 2 mètres d'eau et à la température ordinaire, on n'a pas eu de passages sur 27 allumages avec les amorces fulminantes.

Les expérimentateurs concluent que :

« Le rallumeur à explosif par friction s'est montré de sûreté dans les conditions habituelles de la pratique; mais, lorsqu'on porte à une valeur suffisante l'un quelconque des facteurs : température de la toile, pression, vitesse du courant, il donne lieu à des traversées. »

« Le rallumeur à phosphore s'est montré de sûreté dans toutes les conditions, même les plus excessives, dans les atmosphères purement grisouteuses. Avec les atmosphères poussiéreuses, il y a eu, avec la lampe sans cuirasse, 2 passages à travers la toile intérieure, le rallumage ayant été pratiqué avec toile rouge. Avec la lampe cuirassée, il n'y a eu de passage dans aucun cas. »

« Les lampes usagées n'ont pas montré de différence par rapport aux lampes neuves. »

L'arrêté ministériel du 19 août 1904, pris en Belgique à la suite de ces essais, n'a autorisé pour les lampes susceptibles d'être munies de rallumeurs que « les amorces en pâte de phosphore blanc collées sur une bande étroite de toile paraffinée »; les amorces fulminantes (rallumeurs à explosifs) y sont donc exclues, contrairement à ce qui a été admis en Allemagne, puis en France.

Comme on le voit d'après cette brève analyse, la question du danger des particules d'explosifs projetées *en nature* et *non brûlées* hors des tamis n'a été envisagée par aucun des expérimentateurs, sans doute parce que, avant les essais de M. Morin, tout le monde admettait implicitement que les particules se détachant des pastilles d'explosif brûlaient forcément au contact de la flamme produite par la détonation des pastilles, et que, par suite, il n'y avait pas à s'occuper de ces particules autrement que pour l'accroissement de danger qu'elles peuvent produire dans « l'effet Marsaut », lorsque la lampe est rallumée au sein d'une atmosphère explosive.

Tout autre est le danger révélé par les premiers essais de M. Morin, répétés par le service local des Mines; il

consiste en ceci : pendant l'explosion des pastilles fulminantes, il se détache des parcelles qui ne brûlent pas. Les unes sont projetées dans les tamis, les autres sont arrêtées par les parois du verre et de la boîte du rallumeur; mais, comme les mineurs ont l'habitude de tenir la lampe horizontalement, ou même la tête en bas pendant qu'ils actionnent le rallumeur, de façon que, par renversement du tirage, les vapeurs d'essence s'évacuent d'elles-mêmes par la couronne à tamis des lampes à admission d'air par le bas du type Wolf, toutes les particules détachées des amorces finissent par retomber dans les tamis ; les plus grosses restent dans la lampe, les plus fines traversent les mailles des tamis et vont se loger dans la cuirasse, d'autres, de grosseur intermédiaire, peuvent rester accrochées dans les mailles. Vient-on à placer la lampe dans une cloche pour la recherche du grisou, si la cloche contient un mélange explosif, celui-ci, entrant par le bas de la cuirasse, brûle dans le tamis intérieur, l'échauffe et fait détoner les particules d'explosif qui y sont logées ou qui sont restées dessus ; celles-ci allument alors le mélange placé entre les deux tamis, et cette inflammation fait détoner à son tour les particules logées dans le tamis extérieur ou celles qui retombent du chapeau de la cuirasse sur le tamis extérieur, par suite des chocs inévitables de la lampe contre les parois de la cloche pendant la recherche du grisou; d'où résulte l'inflammation du mélange explosif au dehors de la lampe.

Telle est l'explication de l'accident de Liévin qu'on peut déjà déduire du rapport sommaire de M. Léon communiqué à la Commission du Grisou, et qui a été adoptée comme la plus probable par le Service des Mines du Pas-de-Calais dans ses conclusions définitives sur l'accident.

Le même phénomène est d'ailleurs à redouter dans le rallumage de la lampe plongée accidentellement dans un mélange explosif.

Nous avions donc à vérifier tout d'abord la réalité du danger de ces particules dans les mélanges explosifs d'air et de grisou. Nos expériences l'ayant bientôt mis hors de doute, et nous ayant montré, de plus, que les conditions physiques des rouleaux d'amorces influent beaucoup sur le plus ou moins de projections de particules, nous avons été amené à reprendre les essais sur le rallumage en atmosphère explosive en faisant varier ces conditions. Cette seconde série d'essais nous ayant montré que, dans des conditions particulières, mais susceptibles de se rencontrer fréquemment en pratique, « l'effet Marsaut » se produit beaucoup plus facilement que les expériences antérieures ne donnaient à le croire, nous sommes arrivé finalement à considérer les rallumeurs par amorces fulminantes, du moins telles qu'elles se fabriquent aujourd'hui, comme devant être exclus des mines grisouteuses. Nous avons donc été amené, en troisième lieu, à reprendre, à tous les points de vue précédemment envisagés, l'étude des rallumeurs à phosphore blanc, sur l'innocuité desquels des doutes pouvaient s'élever et qui, fort heureusement, nous ont donné des résultats satisfaisants, même dans des essais à outrance, permettant d'en conserver l'emploi.

C'est dans cet ordre que nous présenterons les résultats des nombreux essais auxquels nous a conduit la communication du Service des Mines du Pas-de-Calais, à la suite de l'accident de Liévin.

I. — ESSAIS SUR LES PARTICULES DÉTACHÉES DES AMORCES FULMINANTES.

Les amorces fulminantes employées en France sont toutes de fabrication étrangère et sont livrées aux exploitants français soit par la maison H. Joris, de Liège

(amorces sans marque), soit par la Société d'éclairage et d'applications électriques d'Arras (marque « Vesuv »). Elles sont formées de pastilles, au nombre de 65, collées sur une bande de papier parcheminé fort : on les fait détoner dans le rallumeur par la friction d'une pointe d'acier formant ressort, dont on peut régler la tension en écartant plus ou moins la pointe de la bande de papier appuyée sur une lame de fer. On peut aussi les allumer par le choc d'un marteau ; mais ce genre de rallumeurs, qui sont susceptibles de donner encore plus de projections que les rallumeurs à friction, s'est peu répandu.

Les matières entrant dans la composition de ces pastilles paraissent être les mêmes dans les deux sortes : phosphore rouge, chlorate de calcium et farine, avec lesquels on a formé une pâte au moyen d'alcool, dans lequel le chlorate de calcium est très soluble, et qui, par dessiccation sur les bandes de papier, forme des pastilles minces, de $4^{mm},5$ de diamètre, très adhérentes au papier. La composition, assez variable d'ailleurs, serait en moyenne la suivante, d'après une analyse de 1903, fournie par la Société d'Arras :

Chlorate de calcium.........	50	grammes
Phosphore amorphe.........	8	—
Farine.......................	10	—
Alcool dénaturé.............	32	—
	100	grammes

Par 100 pastilles, il entrait à cette époque 257 milligrammes, dont 2/3 de cette composition additionnée de 1/3 de matière collante. La comparaison des rouleaux qui nous ont été remis dans ces dernières années par divers constructeurs de lampes, en vue des essais de la Commission du Grisou, nous a montré que le diamètre des pastilles a légèrement varié, même pour les rouleaux d'une même provenance : il semble qu'il y ait eu tendance à accroître ce diamètre pour obtenir des flammes plus

nourries et d'une efficacité plus grande au rallumage, ce qui n'a pas été sans augmenter la fréquence des projections et peut expliquer dans une certaine mesure que les résultats de nos essais actuels aient été plus défavorables que les anciens.

Le choix du chlorate de calcium comme comburant est dû à ce que c'est un sel déliquescent, et la masse des pastilles conserve ainsi toujours assez de moiteur pour ne pas se fendiller et pour rester bien adhérente au papier pendant le déroulement de la bande dans la boîte du rallumeur, ce que l'on n'obtiendrait sans doute pas avec un chlorate non hygroscopique comme le chlorate de potasse. Par contre, on s'explique aisément d'après cette composition que, suivant la température et le degré de siccité des pastilles, on puisse avoir des résultats absolument différents comme volume de flamme et comme projections de particules. On obtient un volume de flamme d'autant plus considérable et des projections d'autant plus nombreuses que les rouleaux sont plus secs ou plus chauds; si l'on abandonne les rouleaux plusieurs heures dans une atmosphère saturée d'humidité, les pastilles deviennent gluantes, et l'on peut les détacher complètement du papier sans les faire détoner, avec la lame d'un couteau, tandis que sèches, et surtout très chaudes, elles détonent par le moindre frottement. Chauffées progressivement dans une étuve, elles détonent vers 200°.

La façon dont on opère la friction avec une pointe d'acier pour les faire détoner influe aussi beaucoup sur le mode de détonation des pastilles. Si l'on frotte lentement et en appuyant légèrement la pointe, on a une combustion vive sans explosion proprement dite ; au contraire, si l'on frotte rapidement en appuyant fortement la pointe, on obtient des explosions très vives, avec projection de particules enflammées à grande distance, parfois jusqu'à plus de 1 mètre à l'air libre.

En plaçant dans l'obscurité complète une lampe type Wolf à rallumeur vertical, avec commande rotative latérale, la lampe étant munie d'un seul tamis, sans cuirasse, et le verre entouré de papier noir pour masquer la flamme de l'amorce, nous avons obtenu les résultats suivants en brûlant plusieurs rouleaux d'amorces dans l'air pur, en faisant varier les conditions de température de la lampe et des amorces.

La lampe étant *froide*, il se produit, par friction lente ou brusque d'amorces non desséchées et simplement conservées dans une pièce sèche, des flammes ne dépassant pas le collet du tamis, et sans projections d'étincelles. On constate d'ailleurs que, par friction brusque, il y a deux ou trois pastilles brûlées par rallumage.

La lampe étant *moyennement chaude*, et les amorces dans les mêmes conditions que précédemment, il se produit par friction brusque, trois fois en moyenne par rouleau, des gerbes d'étincelles très brillantes, atteignant le chapeau du tamis, la flamme propre de l'explosion ne dépassant pas le collet de celui-ci.

Enfin, en surchauffant le pot de la lampe jusqu'à ce qu'il soit brûlant à la main, et en employant des rouleaux desséchés à 100°, puis conservés dans un exsiccateur, on obtient presque à chaque coup des flammes montant jusqu'à mi-hauteur du tamis par friction brusque ou lente : avec friction lente et pot très surchauffé, il y a souvent deux ou trois amorces brûlées par rallumage, ce qui explique que les résultats soient les mêmes que par friction brusque.

C'est donc avec friction brusque, amorces sèches et lampe moyennement chaude que les projections de particules sont le plus à redouter; c'est avec la lampe très surchauffée que les flammes de l'explosion des pastilles sont le plus longues.

La friction avec la pointe d'acier du rallumeur ou d'un

couteau ne fait pas déflagrer tout l'explosif des pastilles ; en reprenant les rouleaux usagés et les chauffant sur un bec de gaz, on obtient encore de nombreuses étincelles, surtout sur le pourtour des pastilles. Cette expérience, qui a été le point de départ des constatations de M. Morin, montre bien que des parcelles de l'explosif échappent à la combustion et qu'il peut y en avoir aussi de non brûlées dans les projections.

En plaçant horizontalement la lampe, munie de sa cuirasse et de ses deux tamis (toile réglementaire de 12×12 mailles au centimètre carré), et faisant déflagrer successivement toutes les pastilles du rouleau, la lampe étant froide et le rouleau à l'état ordinaire, nous avons constaté, en démontant la lampe avec précaution et en secouant successivement chaque partie au-dessus d'un papier blanc, qu'il se détachait de chaque tamis et de la cuirasse de fines particules noires, plus ou moins abondantes ; ces particules, placées dans une capsule de porcelaine et chauffées sur un bec Bunsen, se sont enflammées en donnant de brillantes étincelles blanches. La boite du rallumeur démontée en a donné une quantité beaucoup plus considérable encore et de plus volumineuses.

En faisant arriver le jet de gaz d'éclairage d'un bec Bunsen sur ces particules placées dans une large capsule en porcelaine et progressivement chauffée en dessous, nous avons constaté, que le bec s'allumait au moment de la déflagration des plus grosses d'entre elles, tandis que de très petites étincelles n'allumaient pas. Toutefois nous avons constaté en préparant de même des particules d'explosif provenant de la déflagration d'un rouleau entier, mais en ne recueillant que celles ayant traversé les deux tamis, qu'elles donnaient encore des étincelles allumant presque à tous coups le gaz d'éclairage.

Enfin, pour mieux réaliser les conditions admises par le

Service des Mines pour l'accident de Liévin, nous avons fait l'essai suivant : la lampe, munie d'un seul tamis sans cuirasse, a été allumée et mise à feu bas ; le chapeau du tamis a été saupoudré avec les quelques particules recueillies dans la *cuirasse* et ayant traversé par conséquent les deux tamis. Le jet d'un bec Bunsen a été dirigé sur la flamme de la lampe et s'est allumé à l'intérieur de celle-ci ; en remontant lentement le bec Bunsen, de façon à le maintenir allumé dans le tamis, il s'est allumé à l'extérieur de la lampe aussitôt que les particules échauffées par la combustion intérieure du gaz ont pris feu sur le tamis. Cette expérience, souvent répétée, n'a réussi guère plus d'une fois sur 4 essais en moyenne, car, le plus souvent, les particules d'explosif versées sur le tamis le traversent aussitôt, puisqu'elles ont déjà été tamisées à travers des mailles de même dimension, et ce n'est que dans le cas où des particules sont restées en équilibre sur les fils que l'inflammation se produit au dehors.

Essais des particules dans le grisou. — L'expérience précédente, répétée avec un bec Bunsen alimenté de méthane, a régulièrement raté, bien que dans plusieurs essais il y ait eu déflagration à l'extérieur de particules certainement assez volumineuses pour allumer le gaz d'éclairage. Cet insuccès devait provenir de ce que la vitesse d'écoulement du mélange explosif était trop grande et refoulait à l'intérieur du tamis la flamme se produisant autour des particules d'explosif ; car, en faisant arriver de haut en bas un jet de grisou à faible débit dans un manchon posé sur une tôle chauffée par-dessous, de façon à créer au contact de la tôle une zone explosive à peu près stagnante, nous avons obtenu à plusieurs reprises l'inflammation du grisou en projetant dans le manchon des particules d'explosif passées à travers un tamis de lampe.

Le dispositif suivant (*fig.* 1) nous a permis de constater nettement cette influence de la vitesse d'écoulement du mélange à travers la toile et de vérifier que les particules d'explosif enflamment d'autant plus facilement le grisou que l'atmosphère est plus calme. J'ai superposé trois manchons de verre de lampe de sûreté en intercalant entre eux des toiles métalliques, l'une AB en toile ordinaire de tamis de 12 × 12, l'autre CD en toile à réseau plus fin, 18 × 18 mailles au centimètre carré. Par le haut du manchon supérieur arrivait un mélange explosif titré à 9 p. 100 de méthane, dont on pouvait régler à volonté la vitesse. Sur la toile CD, on déposait des particules d'explosif tamisées à la toile 12 × 12, dont les plus grosses étaient retenues par la toile plus fine CD, malgré les chocs inévitables dans le remontage de l'appareil. Le grisou était alors allumé en O, et l'on observait facilement ce qui se passait dans l'appareil, celui-ci étant entièrement en verre.

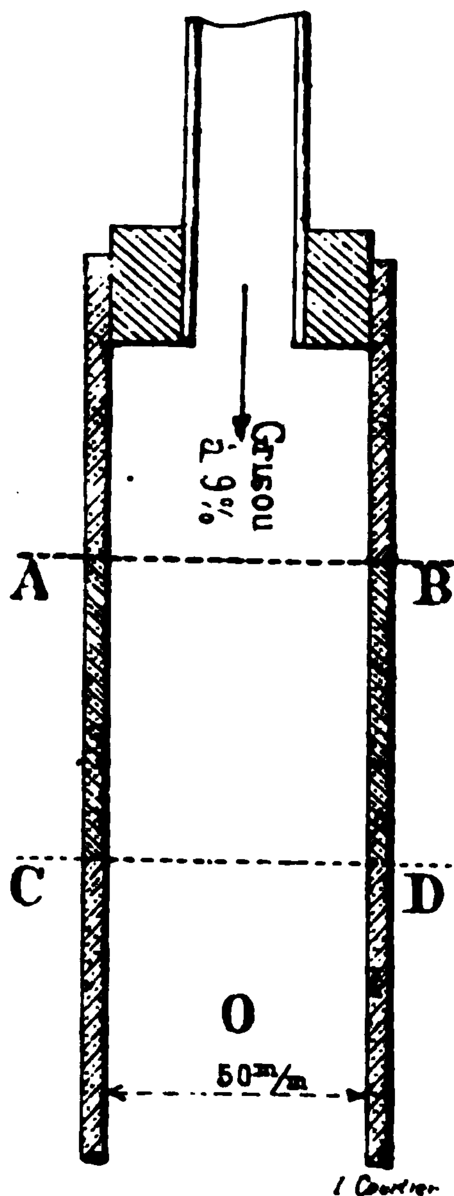


Fig. 1.

Avec un débit de 1 litre par seconde, correspondant à une vitesse de 0m,50, on n'a pas obtenu le passage de l'inflammation, même avec des particules d'explosif donnant des étincelles très vives; mais, en réduisant la vitesse à 0m,15, l'inflammation s'est alors produite aisément dans le manchon ABCD avec des particules de même grosseur. Avec des rouleaux très secs (desséchés à 100° et conservés dans un exsiccateur), il a suffi de faire partir avec la pointe d'un couteau 10 amorces

d'un rouleau placé sur une feuille de papier, de racler les pastilles ainsi brûlées et de recueillir sur la toile CD les quelques particules ainsi produites et tamisées à travers une toile 12 × 12 de tamis ordinaire, pour obtenir, à tous coups, le passage de la flamme à travers la toile CD. Avec des amorces non desséchées, les particules ainsi obtenues ont été généralement trop petites pour produire l'inflammation, à la vitesse de $0^m,15$ du courant explosif. Certains rouleaux, même séchés, ont toujours donné des particules trop petites pour produire l'inflammation du grisou à cette vitesse. Nous n'avons pas pu, avec notre appareil, la réduire au-dessous de $0^m,15$; mais, comme à cette vitesse d'écoulement ces particules, qui n'allumaient pas le grisou, ont encore allumé le gaz d'éclairage à tous coups, il est probable que, dans les atmosphères grisouteuses absolument calmes, l'inflammation eût été encore obtenue avec ces particules très fines : or, ces conditions sont tout naturellement réalisées dans la mine, quand on introduit avec précaution, pour la recherche du grisou, une lampe dans une cloche remplie de gaz explosif, qui est forcément au repos. Il est donc certain que les conditions de nos essais sont plutôt inférieures comme danger à celles qui peuvent se rencontrer en pratique, et des conditions identiques à celles-ci ne peuvent se rencontrer que par hasard, dans les expériences de laboratoire, où l'on est forcé d'opérer dans des capacités très réduites et, par suite, de renouveler le mélange explosif en l'animant d'une vitesse très appréciable.

Dans des essais faits par M. Cotté, Directeur de la Société d'éclairage d'Arras, auxquels assistait M. Leprince-Ringuet, Ingénieur des Mines du Service du Pas-de-Calais, et dont celui-ci a rendu compte devant la Société de l'Industrie minérale (*), on est arrivé à reproduire acci-

(*) *Comptes Rendus mensuels des réunions de la Société de l'Industrie minérale*, avril 1907, p. 128.

dentellement ces conditions par un tour de main spécial, dans un appareil semblable à la cloche de M. Marsaut et traversé par un courant d'air mélangé de gaz d'éclairage au maximum d'explosivité (17 p. 100). La lampe, munie de deux tamis sans cuirasse, après 60 rallumages consécutifs, était rallumée une dernière fois dans le mélange explosif qui brûlait dans le tamis intérieur et en rougissait une petite partie : au bout de quelques secondes (vingt à vingt-cinq), on remuait la lampe, et dans ces conditions 2 explosions se sont produites au dehors, sur 150 essais semblables, par suite évidemment du déplacement de particules qui s'étaient déposées à la surface du tamis extérieur, en équilibre sur les fils, se sont surchauffées dans cette position et, au moment du déplacement de la lampe, ont bougé et se sont placées vis-à-vis de l'ouverture d'une maille où la température était assez haute pour faire déflagrer vivement les particules.

Un hasard encore plus favorable s'est présenté dans l'une de nos expériences de rallumage dont nous parlerons plus loin. Une lampe Wolf, type Arras, munie de ses deux tamis et de sa cuirasse, était plongée dans un mélange explosif d'air et de grisou à 9 p. 100, animé d'une faible vitesse ($0^m,10$ par seconde autour de la lampe) et, par conséquent, en repos presque absolu dans l'intérieur de la cuirasse. La lampe avait été rallumée 22 fois de suite par friction brusque sans qu'il se produise de passage au dehors : au 23e essai, une explosion s'est produite au dehors de la lampe, mais seulement *une seconde environ après le rallumage*.

L' « effet Marsaut » par rallumage se produisant toujours d'une façon pratiquement instantanée, l'explosion extérieure ne peut être attribuée dans ce cas qu'aux particules retombées de la cuirasse sur les tamis échauffés par la combustion intérieure du gaz. Après cette explosion, la cuirasse a été dévissée avec précaution et secouée

NUMÉROS d'ordre de la série d'essais	TENEURS en gaz p. 100	ÉTAT de la lampe	ÉTAT des amorces	MODE de friction	NOMBRE de rallumages	NOMBRE de passages	OBSERVATIONS
I. — Essais dans le gaz d'éclairage.							
Double tamis sans cuirasse.							
1	15 à 20	froide	ordinaires	lent	29	0	
2	12,5 à 17	id.	id.	id.	12	0	
3	17 à 18,2	id.	id.	brusque	21	0	
4	10 à 18,5	chaude	desséchées	id.	11	2	Passages instantanés au 4e essai (15 p. 100 de gaz) et au 7e essai (18,5 p. 100); dans les séries 3 et 4, il y a eu en moyenne 3 amorces brûlées par rallumage.
Double tamis avec cuirasse.							
5	17	froide	ordinaires	lent	20	0	
6	17	id.	id.	brusque	21	0	
7	16,7 à 17,3	id.	desséchées	brusque	25	0	
8	17	id.	id.	id.	17	0	
9	17	id.	sèches et chaudes	id.	23	1	Passage instantané au 22e allumage; 3 amorces en moyenne par rallumage.
10	17	id.	id.	id.	27	1	Passage instantané au 12e allumage.
11	17	id.	id.	id.	28	0	Tamis intérieur obturé sur les 2/3 de sa hauteur. — Explosions intérieures beaucoup moins fortes.
12	15	chaude	id.	id.	10	1	Passage instantané au 3e essai, 3 amorces brûlées par rallumage.
13	17	id.	id.	id.	17	1	Passage instantané au 17e allumage; essais interrompus après cet essai, 2 à 3 amorces brûlées par rallumage.
14	17	brûlante	sèches et surchauffées	lent	51	4	Passages instantanés, avec explosion très violente, aux rallumages nos 1, 2, 14 et 44.
15	17	id.	id.	brusque	34	3	Passages instantanés aux rallumages nos 16, 23 et 28; 2 amorces brûlées par rallumage.
II. — Essais dans le grisou.							
Double tamis avec cuirasse.							
16	9	surchauffée	sèches et surchauffées	brusque	29	1	Passage au 23e allumage. L'explosion, peu violente, s'est produite 1 seconde environ après le rallumage.
17	9	id.	id.	id.	23	0	
18	9	id.	id.	id.	28	0	

pas dus simplement à ce que, par suite des dispositifs employés, les lampes étaient froides et les amorces un peu humides. Ces prévisions ont été vérifiées et les nombreux essais de rallumage que nous avons effectués dans les mélanges explosifs au repos, soit de gaz d'éclairage, soit de grisou, nous ont montré que, en se plaçant dans les conditions les plus favorables aux projections de particules incandescentes et à la production de longues flammes, le degré de sécurité se modifiait complètement, tout au moins dans le gaz d'éclairage ; c'est ce qui résulte du tableau ci-contre, résumant 436 essais effectués avec des lampes Wolf, type d'Arras, soit neuves, soit usagées et munies de rallumeurs fulminants de diverses fabrications qui ont d'ailleurs donné des résultats identiques. Pour tous ces essais, la lampe a été placée dans une gaine en bois de 10 × 10 centimètres de section et 30 centimètres de haut, surmontée d'un chapeau tronconique de 10 centimètres de haut, et munie d'une fenêtre d'observation en verre. Le mélange explosif titré était formé d'air débité à raison de 1 litre par seconde, additionné de gaz d'éclairage (généralement 17 p. 100) ou de grisou (9 p. 100). La vitesse du courant ne dépassait donc pas 11 à 12 centimètres par seconde, et l'on peut considérer que la lampe, surtout munie de sa cuirasse, était plongée dans une atmosphère explosive au repos.

On voit, d'après ce tableau, que, avec la lampe *froide* et des amorces ordinaires (conservées à l'air libre dans une pièce sèche) ou desséchées, le passage ne s'est pas produit dans le gaz d'éclairage, même sans cuirasse et avec friction brusque (séries n°s 1, 2, 3, 5, 6, 7 et 8, représentant 155 rallumages). Avec la lampe froide, mais les amorces *sèches et chaudes* (boite du rallumeur chauffée avant son introduction dans la lampe), le passage s'est produit 2 fois sur 78 rallumages (séries n°s 9 à 11). Enfin, avec friction brusque, réservoir chaud, amorces

sèches et chaudes (séries 4, 12 à 15), il s'est produit 11 passages sur 123 rallumages, la proportion atteignant 1 passage sur 5 rallumages avec la lampe chaude à 2 tamis sans cuirasse : au total, 13 passages sur 346 essais.

Les résultats très différents suivant l'état de siccité des amorces et surtout la température de celles-ci et de la lampe, expliquent aisément les résultats favorables obtenus antérieurement dans les essais résumés plus haut sur les lampes à double tamis et cuirasse.

Toutes les traversées dans le gaz d'éclairage ayant été pratiquement instantanées, il n'a pas été possible de discerner exactement le rôle joué par les particules non brûlées projetées à travers les tamis de celui de « l'effet Marsaut », dû à la seule expansion de la flamme produite par l'explosion du mélange gazeux dans le tamis intérieur. Mais, comme la proportion des passages dans les séries où il y en a eu le plus a été à peu près la même (3 en moyenne par rouleau) que les projections de gerbes d'étincelles jusqu'en haut du tamis dans les essais faits dans l'air pur, et que, d'autre part, il s'est produit des passages dès les premiers rallumages avec la lampe et les amorces surchauffées avec friction lente (série 14), il y a une forte présomption que les passages observés dans ces essais de rallumage sont dus tous, ou presque tous, au seul « effet Marsaut ».

Les essais dans le grisou ont été faits tous en se plaçant dans les conditions qui, dans le gaz d'éclairage, avaient donné la proportion maxima des passages (1 sur 10 rallumages avec cuirasse). Or il n'y a eu que 1 passage sur 90 rallumages, et encore l'intervalle très appréciable qui s'est écoulé entre le rallumage et le passage ne permet d'attribuer celui-ci qu'au seul effet des particules non brûlées projetées hors des tamis et retombées à l'extérieur de ceux-ci. Il ressort donc nettement des trois séries 16, 17 et 18 que « l'effet Marsaut » se produit en tout cas beau-

coup moins facilement dans le grisou que dans le gaz d'éclairage, comme l'avaient déjà fait ressortir MM. Mallard et Le Chatelier en 1883. Ce n'est pas à dire qu'il soit impossible, mais il n'a été en somme obtenu dans le grisou, aussi bien dans les essais de Frameries de 1904 que dans ceux de la Commission française de 1901 et ceux de Westphalie, qu'avec des lampes sans cuirasse, et, en définitive, avec des lampes à deux tamis et cuirasse, il semble que le danger des particules non brûlées projetées par les amorces fulminantes hors des tamis l'emporte sur celui du rallumage proprement dit.

III. — ESSAIS SUR LES RALLUMEURS A PHOSPHORE BLANC ET BANDES PARAFFINÉES.

Il ressort des essais précédents que le danger des amorces fulminantes, des types livrés aujourd'hui par les fabricants, est tel qu'il en faille interdire l'emploi. Mais on peut se demander si les rallumeurs au phosphore blanc, qui n'ont pas été trouvés encore en défaut jusqu'à ce jour, ne doivent pas cette heureuse circonstance à ce que les essais faits sur eux ont été exécutés, sans que l'on s'en doute, dans des conditions éliminant systématiquement des causes de danger pouvant se présenter dans la pratique, et si, en reprenant avec eux des essais analogues à ceux qui ont mis si complètement en défaut les amorces fulminantes, il ne se révélerait pas des inconvénients du même ordre devant aussi les faire rejeter.

C'est dans cet ordre d'idées que nous avons exécuté la série d'essais suivants.

Nous rappelons que les rallumeurs à phosphore blanc actuellement en usage sont tous du même type : une bande étroite en toile paraffinée, de $3^{mm},5$ de large, porte des pastilles de pâte à phosphore blanc colorées en bleu,

de 2 millimètres de largeur, espacées de 7 à 8 millimètres (*) (42 pastilles par bande). Cette bande, roulée sur elle-même, est placée dans une boite verticale, et son extrémité libre est engagée entre deux griffes, l'une fixe, l'autre mobile et susceptible de prendre un mouvement de va-et-vient qui entraîne toujours la bande dans le même sens, en faisant émerger chaque fois une (et quelquefois deux) pastille s'allumant au passage sur la griffe fixe avec une petite flamme très courte et assez pâle. Dès qu'une pastille s'allume, elle enflamme bientôt la paraffine qui l'entoure ; la pastille de phosphore, qui brûle assez lentement, s'échauffe au milieu de la flamme de la paraffine et peut alors donner lieu à de violentes décrépitations avec projections; ces décrépitations sont encore plus fortes quand le rallumeur a fait sortir de la boîte deux pastilles à la fois. Elles sont d'autant plus violentes que la bande a été plus échauffée au préalable, et elles atteignent alors fréquemment le chapeau du tamis intérieur.

1° Nous avons constaté qu'après avoir fait fonctionner tout un rouleau dans une lampe non allumée, dont le réservoir avait été préalablement échauffé, les tamis restant froids, l'intérieur du verre et du tamis intérieur était criblé de particules de phosphore *non brûlées*, adhérentes aux parois en raison de l'état pâteux de la matière au moment de sa projection. En chauffant légèrement le tamis, toutes ces parcelles deviennent phosphorescentes et sont entièrement consumées avant que le tamis atteigne même 100° (chauffées en nature à l'étuve, les pastilles s'enflamment en masse vers 110°; mais déjà, vers 85°, il se manifeste par places des commencements de combustion lente).

(*) Il est à noter que, dans le but sans doute de diminuer les ratés d'allumage, les fabricants de ces bandes ont rapproché les amorces beaucoup plus que dans les modèles anciens, en sorte que, contrairement aux prescriptions de la circulaire ministérielle du 9 janvier 1903, reproduites dans les arrêtés belges, il y a assez souvent deux pastilles brûlées par rallumage.

Si l'on opère avec deux tamis sans cuirasse, on constate, en plaçant la lampe tête en bas, que des parcelles peuvent traverser le tamis intérieur, et tomber dans le tamis extérieur, parfois même dans la cuirasse : sur 10 rouleaux, nous avons obtenu ainsi 5 fois 1 à 3 parcelles seulement ayant traversé les deux tamis, parcelles d'ailleurs extrêmement fines et incapables, comme nous le verrons plus loin, d'allumer le grisou. Nous n'avons d'ailleurs obtenu ces projections à travers les deux tamis qu'avec des bandes surchauffées au préalable jusqu'à ramollissement de la paraffine.

Il y a là déjà une différence fondamentale avec les amorces fulminantes : dans celles-ci, les particules de matière explosive sont dures, et les tamis laissent passer aisément celles qui, géométriquement, ne dépassent pas la dimension des mailles. Au contraire, les parcelles projetées par les bandes paraffinées sont molles et visqueuses, et traversent très difficilement les tamis, car, pour peu qu'elles rencontrent un fil métallique, elles s'y collent et y restent adhérentes : on comprend ainsi qu'il ne puisse passer que des parcelles extrêmement fines.

2° Nous avons ensuite essayé d'allumer le grisou avec des parcelles de pâte de phosphore découpées avec précaution au couteau, tamisées à travers une toile de 12 $\times$ 12, et déposées sur la toile fine du dispositif employé pour les particules d'amorces fulminantes : nous n'avons pu obtenir d'inflammation dans aucun cas sur 10 essais. Dans ces essais, dès que le grisou est allumé sous la toile fine, les parcelles de phosphore donnent lieu à une combustion lente avec phosphorescence, mais sans flamme vive, et elles disparaissent en quelques instants avant que la toile n'ait rougi. Ce n'est qu'avec des parcelles non tamisées, beaucoup plus grosses, que nous avons pu obtenir l'inflammation du grisou : la parcelle a alors le temps d'être échauffée fortement à l'intérieur

pendant que l'extérieur se consume, et il arrive un moment où il se produit une flamme vive qui allume le gaz.

Là encore se manifeste une différence capitale entre les parcelles fines des amorces fulminantes et des amorces au phosphore blanc : les premières doivent être chauffées fortement avant de faire explosion, et leur inflammation ne se produit que lorsque la toile est déjà au rouge naissant, c'est-à-dire dans des conditions favorisant le passage de la flamme, tandis que les parcelles de phosphore blanc se consument déjà quand la toile est à peine échauffée et peut encore être tenue à la main. Il en découle cette autre conséquence que les parcelles de phosphore blanc, lancées sur les tamis ou dans la cuirasse, doivent s'y consumer spontanément, au fur et à mesure de leur dépôt, par suite de la température de la lampe, et ne peuvent pas s'y accumuler, à l'inverse des particules d'amorces au fulminate que l'échauffement propre de la lampe est incapable de brûler dans la cuirasse.

3° Nous avons enfin procédé à des essais de rallumage dans les mélanges explosifs de gaz d'éclairage en nous plaçant dans les conditions les plus favorables aux projections, c'est-à-dire en surchauffant le réservoir de la lampe et les bandes paraffinées au moment des essais. Après chaque rallumage, on laissait brûler le gaz quinze à vingt secondes, de façon à maintenir l'échauffement de la lampe au maximum; la lampe type Wolf-Joris à admission d'air par le bas, munie de ses deux tamis et de la cuirasse, n'a donné aucun passage sur 42 allumages.

Après cette série négative, on a fait de nombreux essais avec la lampe munie d'un seul tamis (tamis extérieur) sans cuirasse, en exagérant par tous les moyens possibles les chances de passage de l'explosion au dehors, le réservoir de la lampe étant toujours surchauffé, ainsi que les bandes, avant les essais.

On a fait partir toutes les pastilles, sauf la dernière,

dans l'air pur, la lampe non garnie d'essence étant renversée tamis en bas, de façon à accumuler le plus possible de parcelles de phosphore dans les mailles du tamis, qui avait été laissé froid pour ne pas consumer les parcelles de phosphore : on a alors introduit la lampe, debout, dans l'appareil à mélange explosif et fait partir la dernière amorce : il n'y a pas eu passage. Cette expérience a été variée, en faisant partir seulement 15, puis 20, puis 30 amorces dans l'air pur, la lampe étant dans l'appareil, et achevant le rouleau dans le mélange explosif à 17 p. 100; nous avons ainsi fait 62 rallumages en quatre séries d'essais sans obtenir de passages.

Enfin, pour exagérer encore le danger, nous avons fait 3 séries d'essais sans cuirasse, la lampe étant placée tête en bas dans le mélange explosif, et en faisant les rallumages autant que possible avec deux pastilles pour augmenter les projections.

Dans une première série, sur 34 rallumages, il n'y a pas eu de passage. Dans la seconde, on a fait partir 20 amorces dans l'air pur, puis rallumé dans le gaz : pas de passage. La troisième nous a donné un passage dans les conditions que voici. Dans ces essais où les rallumages se font rapidement à la suite les uns des autres, sans que la flamme de la lampe puisse subsister, puisqu'elle est éteinte par l'explosion du gaz dans l'intérieur de la lampe, la bande de toile se carbonise sans se consumer et finit par se dérouler tout entière dans le tamis. En faisant le rallumage tête en bas dans l'air pur, il peut arriver que la partie antérieure du rouleau, si elle n'a pas été carbonisée dès le début, puisse parvenir non brûlée dans le chapeau du tamis. Ayant fait un rallumage dans le gaz dans ces conditions, nous avons vu une pastille de la partie antérieure s'enflammer contre la toile, puis décrépiter au bout de deux secondes environ, et le passage au dehors s'est produit. Nous avons alors recommencé des

rallumages dans le mélange explosif de gaz d'éclairage avec un seul tamis tête en bas, ayant placé d'avance, dans le chapeau du tamis, une pastille découpée dans une bande fraîche; au premier rallumage, le passage au dehors s'est produit au bout de deux secondes. En recommençant avec 5 pastilles, le passage s'est produit au bout d'une seconde. En plaçant seulement des fragments de bande paraffinée sans pastilles, il n'y a pas eu de passage : c'est donc le phosphore seul qui a produit celui-ci dans les essais précédents.

La probabilité pour que des pastilles de phosphore parviennent non consumées dans le tamis paraît bien faible en pratique, puisque, après chaque rallumage effectif de la lampe, le bout de bande émergeant de la boîte du rallumeur est forcément consumé d'une façon complète, à cause de sa proximité de la flamme de la lampe. Toutefois on ne peut pas la considérer comme absolument nulle, parce qu'il peut arriver que la bande, en se tordant et se consumant d'une façon incomplète, laisse tomber dans le bas de la lampe une pastille intacte, laquelle, dans une manœuvre ultérieure de rallumage faite en renversant la lampe, pourra retomber dans le tamis. Cette éventualité pourrait également se produire dans le cas suivant, qui n'a rien d'invraisemblable : les lampes d'un chantier sont éteintes par répercussion d'un coup de grisou survenu dans le voisinage. Les ouvriers de ce chantier veulent rallumer leurs lampes ; les amorces des rallumeurs mal réglés ne partent pas, et les ouvriers actionnent un grand nombre de fois, sans succès, la tige de commande du rallumeur. Enfin, une pastille s'allume ; si à ce moment l'atmosphère du chantier est explosive, le passage de la flamme à travers le tamis intérieur sera provoqué à coup sûr par les pastilles en contact avec la toile du tamis.

Il nous a donc paru nécessaire de vérifier si, dans cette

hypothèse, la déflagration de une ou plusieurs pastilles est susceptible de provoquer le passage de la flamme à travers les deux tamis.

Nous avons alors recommencé ces essais, la lampe munie de ces deux tamis, sans cuirasse, placée tête en bas dans le mélange explosif, en mettant dans le chapeau du tamis intérieur 5 pastilles de phosphore (2 essais), puis 10, et enfin 15 pastilles ; dans chaque cas, le passage s'est produit au bout de deux secondes environ du tamis intérieur dans le tamis extérieur, mais sans traverser celui-ci, bien que, dans un cas, il se soit produit une inflammation tardive avec forte explosion de l'une des pastilles, alors que le mélange brûlait déjà depuis trois ou quatre secondes dans le tamis extérieur et que les toiles fussent rouges : le double tamis suffit donc à écarter la cause de danger en question. (*)

Ces essais ont été complétés en faisant des rallumages, tête en bas, avec un seul tamis enduit au préalable de paraffine, ou arrosé de benzine : dans aucun cas il n'y a eu passage.

Nos expériences, ainsi poussées *à outrance*, confirment donc pleinement les conclusions optimistes précédemment formulées par les différents expérimentateurs sur les rallumeurs au phosphore blanc, et nous permettent de proposer le maintien de leur emploi : conclusion fort heureuse, car sans rallumeurs on n'aurait pu conserver les lampes à essence, qui, sauf extinction plus facile dans les courants d'air, présentent de si grands avantages sur les lampes à huile, d'abord comme constance de pouvoir éclairant pendant toute la durée d'un poste, ensuite pour

(*) Dans la lampe Fumat, transformée en lampe à essence, il n'y a, il est vrai, qu'un seul tamis, mais le chapeau de ce tamis est en tôle pleine, et les pastilles qui s'y seraient logées brûleraient par suite contre une paroi pleine et non contre le tamis. Par contre, le danger signalé serait très grand si l'on adaptait ces rallumeurs à des lampes Mueseler transformées en lampes à essence.

l'efficacité des recherches du grisou avant le tirage des coups de mine, dans les chantiers où elles permettent de déceler 1 p. 100 de grisou, tandis que les lampes à huile ne marquent nettement qu'au-dessus de 2,5 à 3 p. 100.

La substitution des rallumeurs à phosphore blanc aux rallumeurs à amorces fulminantes nous paraît d'ailleurs pouvoir s'effectuer sans grands frais, tout au moins pour les rallumeurs à boîte verticale et commande latérale qui sont de beaucoup les plus répandus. Les dimensions des boîtes sont en effet peu différentes, et l'on peut imaginer facilement des boîtes à bande de phosphore blanc qui aient exactement les dimensions et aussi le même mode de manœuvre que les boîtes à amorces fulminantes.

COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLOSIVES.

RAPPORT

SUR

L'ÉTUDE DES RATÉS DE DÉTONATION

DES EXPLOSIFS DE SURETÉ

Par M. DAUTRICHE, Ingénieur des Poudres et Salpêtres.

Par dépêche du 29 janvier 1906, M. le Ministre de la Guerre a communiqué à la Commission le dossier d'un accident survenu, le 7 août 1905, aux houillères de Salles et Montalet (Gard), où un ouvrier a été légèrement brûlé par une flambée de grisou, vraisemblablement causée par la déflagration d'une cartouche de grisoutine.

L'Inspecteur général des Mines, Président de la Commission du Grisou, a fait savoir qu'il y aurait grand intérêt, au point de vue de la sécurité dans les mines, à déterminer la cause de ces déflagrations exceptionnelles et a demandé que la question fût soumise à l'examen de la Commission des substances explosives.

M. le Ministre prie la Commission d'entreprendre, de concert avec les membres de la Commission du Grisou qui lui sont adjoints, les expériences dont le programme est indiqué dans l'avis de la Commission du Grisou.

D'autre part, par dépêche du 30 janvier 1907, M. le Ministre signale que M. le Ministre des Travaux publics vient de rappeler cette étude à son attention. Il prie la Commission de lui faire parvenir, aussitôt que possible, son

Rapport sur les causes des déflagrations exceptionnelles analogues à celle qui s'est produite, le 7 août 1905, aux mines de Salles et Montalet, ou, à défaut de ce Rapport, une Note sommaire indiquant les expériences déjà faites et les résultats acquis à la date de ce jour.

Flambée de grisou du 7 août 1905. — La flambée de grisou survenue le 7 août 1905 aux mines de Gagnières s'est produite dans un chantier de traçage en remonte et en cul-de-sac, dans le lambeau de la couche 2 désigné sous le nom de couche 2 *ter*, au voisinage du travers-bancs de la cote 350.

Le tir des 4 coups de mine du chantier a été fait en deux volées, et la flambée de grisou s'est produite dans la seconde volée. Malgré l'affirmation des boute-feux qu'ils ont bien vérifié, après le premier tir, qu'il n'y avait pas de grisou au chantier, il semble peu vraisemblable que la première volée n'ait pas dégagé de grisou et que le grisou se soit dégagé seulement sur le tir de la seconde volée. En tous cas, il n'y a pas eu dégagement instantané de grisou, car la quantité de charbon abattu après le tir était normale. D'autre part, la quantité de grisou enflammée était très peu abondante, car les effets mécaniques de l'explosion ont été très faibles et les flammes n'ont eu qu'un parcours assez restreint.

Les trous étaient forés sur $1^m,25$; ils contenaient trois cartouches de grisoutine-couche de Paulilles, recouvertes d'un bourrage d'argile de 40 à 50 centimètres de longueur. Les détonateurs étaient des amorces de quantité Gévelot, à 2 grammes de fulminate, dont l'inflammation était provoquée par un exploseur Gomann à basse tension. La dynamite employée à Gagnières a la composition suivante :

Nitroglycérine	11,86
Coton azotique	0,14
Azotate d'ammoniaque	88,00

correspondant à une température de détonation de 1.420°. On a vérifié qu'à l'époque de l'accident aucune cartouche de grisoutine-roche n'a été délivrée aux ouvriers du quartier où s'est produit cet accident.

A peine l'un des boute-feux avait-il donné quelques tours de manivelle à l'exploseur que l'explosion des deux coups de mine était entendue et que, presque en même temps, les portes séparant le poste de tir du travers-bancs de la cote 350 s'ouvraient avec force, en laissant passer un jet de flammes mortes et un très violent remous d'air. L'un des boute-feux fut projeté à terre et eut les cheveux légèrement roussis, tandis que son camarade ne ressentit qu'une violente secousse. Le tir produisit, comme à l'ordinaire, 2 à 3 tonnes de charbon et $1^{m},50$ d'avancement.

L'enquête de l'Ingénieur en Chef des mines n'a pu établir qu'aucune précaution ait été omise. Il semble bien que le feu ait été mis au grisou par de la grisoutine-couche employée dans des conditions régulières.

Autres accidents causés par de la grisoutine-couche. — Dans le courant de 1904, le Service des Mines apprit qu'aux mines de Gagnières on disait avoir constaté plusieurs fois que les explosifs employés brûlaient dans le trou de mine au lieu de faire explosion. L'enquête faite à ce sujet fournit les renseignements suivants :

1° Le 19 février 1904, deux ouvriers firent un coup de mine de $1^{m},50$ de profondeur, chargé de 4 cartouches de grisoutine B et bourré sur $0^{m},30$ avec de la terre glaise; les capsules employées étaient des capsules à $1^{gr},50$ de fulminate. Le maître-mineur se dirigeait vers le chantier au moment du tir. Il entendit la détonation et, arrivant près du chantier, il trouva les deux mineurs écoutant un bruissement qui paraissait provenir du fond du trou de mine. Il vit au fond du trou une flamme rouge qui cré-

pitait et dégageait une fumée assez épaisse. Les flammes et le bouillonnement durèrent environ vingt minutes. L'explosion du coup de mine n'avait enlevé le charbon que sur $0^m,20$ à partir de l'orifice du trou. On attaqua le charbon au pic pour aller au fond du trou; on n'y trouva rien.

2° En mai 1904, un ouvrier fit un coup de mine de $1^m,80$ de longueur, chargé de 6 cartouches de grisoutine-couche. Le coup fut bourré avec de la terre glaise jusqu'à $0^m,10$ de l'orifice. On mit le feu avec une capsule à $1^{gr},5$ de fulminate. Il se produisit une détonation faible et sourde. L'ouvrier, retournant à son chantier, constata que le coup n'avait ni débourré ni projeté de charbon. Mais il entendit un bruit provenant du trou de mine, qui était, selon son expression, comme celui de la graisse en ébullition, et il vit de la fumée sortir d'une cassure produite dans le charbon par l'explosion du coup de mine. Il n'aperçut aucune flamme. Le directeur de la mine et le maître-mineur constatèrent l'exactitude de son récit. D'après le dire de l'ouvrier, on entendit le bruissement dans le trou de mine pendant une demi-heure à trois quarts d'heure.

On fora, à 60 centimètres du premier, un trou de mine chargé avec deux cartouches de grisoutine-couche. Celui-ci travailla bien, et on trouva dans le charbon abattu trois cartouches représentant le restant de la charge du premier coup.

3° Le 5 août 1904, un ouvrier fit un coup de mine de $1^m,50$ de longueur, chargé de 4 cartouches de grisoutine-couche, bourré sur 40 centimètres avec des cartouches de terre glaise et amorcé à $1^{gr},50$ de fulminate. L'ouvrier qui s'éloignait, pendant le tir, à 150 mètres de son chantier, n'entendit aucune détonation. Il crut à un raté et alla prendre son repas. Au bout d'une heure environ, il retourna à son chantier et, arrivé à une trentaine de

mètres, il aperçut une flamme de $0^{m},20$ de longueur environ sortant du trou de mine. Effrayé, il alla appeler un autre ouvrier qui travaillait à une certaine distance, et tous deux retournèrent au chantier. Le second ouvrier constata que le coup avait débourré et qu'une flamme s'échappait en effet du trou de mine. Il l'éteignit en appliquant un vêtement sur l'orifice du trou. Un quart d'heure après, l'ouvrier, passant un bourroir dans le trou, constata qu'il ne restait plus rien de la charge.

4° Le Service des Mines appela vivement l'attention des exploitants de Gagnières sur ces faits. Ceux-ci abandonnèrent alors les amorces à $1^{gr},50$ de fulminate pour des amorces à 2 grammes. D'autre part, ils interdirent formellement l'emploi, pour le bourrage, des cartouches de terre glaise roulées dans du papier. Cependant, le 5 novembre 1904, un nouveau fait analogue se produisit.

Le 4 novembre, un coup de mine de $1^{m},40$ de longueur, chargé de 6 cartouches de grisoutine-couche (498 grammes), bourré sur $0^{m},50$ de longueur, tiré à l'électricité avec des amorces de 2 grammes, débourra. Le lendemain 5 novembre, après avoir constaté qu'il ne restait plus rien au fond de ce trou, on le rechargea avec 5 cartouches de grisoutine-couche et $0^{m},50$ de bourrage. On fit trois autres coups de mine dans le même chantier : on tira à l'électricité, dans une première volée, deux des nouveaux coups, puis, dans une seconde volée, le coup débourré et un autre coup de mine situé à proximité du premier, chargé avec 4 cartouches de grisoutine-couche et $0^{m},50$ de bourrage. Dix minutes après le tir de la deuxième volée, les boute-feux revenant au chantier le trouvèrent rempli d'une fumée ayant une odeur âcre et prenant à la gorge, alors que d'ordinaire, un quart d'heure environ après le tir, il n'y a plus de fumée au chantier. Pensant qu'il y avait quelque chose d'anormal, les boute-feux avancèrent avec précaution et aperçurent

une flamme. Ils retournèrent sur leurs pas, attendirent encore dix minutes et revinrent au chantier. Ils y virent des flammes courtes, disséminées sur une superficie d'environ 1 mètre carré, dont quelques-unes paraissaient sortir du front de taille par les cassures produites dans le charbon par le coup de mine. Les deux ouvriers allèrent chercher un seau d'eau et le jetèrent sur le feu, qui s'éteignit. Ils constatèrent que le charbon abattu, sur lequel ils avaient vu des flammes, était très chaud. On ne trouva au chantier aucune cartouche ou résidu de cartouche. Les coups de mine avaient bien travaillé et n'avaient pas laissé de culot.

On peut se demander si, dans ces derniers cas, les flammes aperçues n'étaient pas dues à quelques petits soufflards de grisou produits par l'explosion et allumés par le tir des coups de mine. En ce cas, ce qui s'est passé le 7 août 1905 pourrait ressembler beaucoup à ce qui s'est passé le 4 novembre 1904 (Renseignements extraits de l'avis de l'Ingénieur en chef des mines d'Alais, en date du 20 octobre 1905).

Avis de la Commission du grisou. — Dans sa séance du 12 décembre 1905, la Commission du Grisou a émis l'avis suivant :

« Il y a lieu de transmettre le dossier de l'affaire à la Commission des Substances explosives en la priant de vouloir bien entreprendre et poursuivre des essais en vue d'élucider les points suivants :

« 1° Rechercher les circonstances dans lesquelles certains explosifs de sûreté, et notamment ceux au nitrate d'ammoniaque, peuvent donner lieu à des déflagrations fusantes au lieu d'une détonation proprement dite ;

« 2° Déterminer, parmi les différents mélanges employés actuellement comme explosifs de sûreté, ceux qui présentent le moins d'aptitude à ces déflagrations fusantes ;

« 3° Indiquer, parmi ces derniers, ceux qui offriraient le plus de sécurité au point de vue des transports et fixer, si possible, les conditions susceptibles d'augmenter à ce point de vue la stabilité des explosifs, par exemple pour les grisoutines, en précisant le minimum du rapport qui doit exister entre le coton nitré et la nitroglycérine. »

Retards de détonation des grisounites. — Des retards de détonation des cartouches de grisounite-couche Favier (azotate d'ammoniaque, 95,5 ; trinitronaphtaline, 4,5) ont été signalés en 1891 et 1896. La Commission du Grisou a présenté, sur cette question, deux Rapports datés du 20 mars 1896 et du 18 janvier 1899. Ces accidents doivent être rapprochés de ceux qui ont été signalés depuis, dans l'emploi des grisoutines; pour les expliquer, il semble en effet nécessaire d'admettre que l'explosif au nitrate d'ammoniaque a subi un commencement de décomposition fusante.

L'explication que la Commission du Grisou avait admise *a priori* consistait à supposer :

1° Que, par suite de défectuosités de l'amorce ou de l'amorçage, une charge de grisounite pouvait s'enflammer et fuser lentement dans le trou de mine, suivant un mode de décomposition comparable à celui qui se produit lorsque les dynamites et le coton-poudre comprimé brûlent à l'air libre, par suite d'une inflammation directe ou d'un raté de détonation;

2° Que, par suite de circonstances amenant éventuellement un accroissement de pression, cette décomposition fusante pouvait se transformer subitement en décomposition explosive.

La Commission du Grisou fit procéder à des expériences par les Ingénieurs de la Poudrerie d'Esquerdes. Tout en reconnaissant, dans le Rapport qui résume ces expériences, que la seule explication des prétendus retards des

grisounites paraît être celle qui repose sur l'hypothèse d'une décomposition fusante préalable, M. l'Ingénieur Patart estime que, précisément, les explosifs dont il s'agit se sont montrés, dans ses expériences, particulièrement rebelles à ce mode spécial de décomposition, même quand on fait usage de moyens notablement plus énergiques et plus efficaces que ceux auxquels on peut assimiler les procédés d'amorçage industriellement employés.

Dès lors, ajoute-t-il, il n'apparaît pas que les accidents constatés puissent être attribués à des propriétés particulières des explosifs employés, mais à des circonstances autres, dont les opérateurs se sont peut-être incomplètement rendu compte, susceptibles de se produire avec tout explosif plus naturellement encore qu'avec ceux dont il s'agit.

Le Rapport du 18 janvier 1899 résume également une Note de M. Schmerber, Ingénieur des Arts et Manufactures, sur les explosions tardives. Les essais ont été faits, avec bourrage nul ou léger, soit avec des cartouches à l'air libre, soit avec des charges recouvertes d'une couche de sable, soit dans des tubes en fer sans aucun bourrage. D'autres essais ont été faits, sous bourrage énergique, dans des tubes fermés. Dans tous ces essais, fort nombreux, on a employé comme excitateurs, soit les amorces fulminantes limites, soit de petites charges de poudre noire ou de coton-poudre. Dans quelques-unes de ces expériences, le tube était préalablement échauffé par la flamme de l'alcool contenu dans un petit réservoir circulaire extérieur; enfin, pour se rapprocher des conditions de la mine, l'auteur a imaginé d'entourer complètement la cartouche, dans l'intérieur du tube, d'une garniture de charbon, en bourrant, en outre, avec du charbon pulvérulent. Il a obtenu, dans ces conditions variées, des ratés, des détonations complètes ou partielles, mais jamais de dé-

tonation tardive. L'auteur signale seulement que, dans quelques cas, il semble qu'il y ait eu un commencement de décomposition fusante; mais celle-ci, ajoute-t-il, ne s'est jamais transformée en décomposition explosive, bien que les conditions dans lesquelles le commencement de combustion de ces cartouches s'est produit aient été plus favorables à la transformation de la décomposition lente en phénomène explosif.

En résumé, dit le Rapport de la Commission du Grisou, il résulte de cet exposé que de nombreuses expériences ont été faites dans les conditions les plus variées, sans que jamais aucun phénomène se soit produit en imitation d'explosions tardives et sans qu'aucune confirmation ait été apportée à l'hypothèse proposée pour en fournir l'explication. Il semble que l'on puisse en conclure, avec une probabilité voisine de la certitude, que le fonctionnement explosif des grisounites ne présente aucune circonstance appréciable qui conduise à en interdire ou à en restreindre l'emploi.

ÉTUDE DES RATÉS DE DÉTONATION DES EXPLOSIFS DE SURETÉ.

Les accidents signalés au dossier transmis à la Commission sont de deux types.

Dans les accidents de février et mars 1904, on n'a entendu que de faibles détonations, et le travail produit a été presque nul. L'explosif s'est enflammé et a brûlé longtemps (vingt à quarante-cinq minutes), en faisant entendre un bouillonnement graisseux. Il s'agit de déflagrations fusantes d'explosifs au nitrate d'ammoniaque, provoquées par le détonateur au fulminate et dans lesquelles le grisou ne parait pas avoir joué de rôle.

Au contraire, dans les accidents de novembre 1904 et

d'août 1905, les détonations ont été immédiates, et le travail produit a été normal. Il ne peut être question de déflagrations fusantes. Le grisou a été allumé par de la grisoutine-couche ayant détoné régulièrement. Il se peut que cette inflammation ait été facilitée par les circonstances particulières qui ont causé les déflagrations du premier type.

Enfin, les circonstances de l'accident du 5 août 1904 ont été moins bien observées. Il y a eu raté de détonation et débourrage; le travail produit a été nul, et l'on n'a pas retrouvé d'explosif.

Puisqu'une flamme a été vue une heure après le tir, il faut supposer qu'il y a eu tout d'abord une déflagration fusante de la grisoutine. Mais la seule flamme aperçue ne se rapportait pas à ce phénomène; on l'a éteinte en l'étouffant avec un vêtement; il s'agissait donc d'un produit combustible brûlant aux dépens de l'oxygène de l'air.

Conformément au programme de la Commission du Grisou, la Commission s'est surtout attachée à rechercher les circonstances dans lesquelles peuvent se produire les accidents du premier type (déflagrations fusantes des explosifs de sûreté). L'étude est divisée en trois parties :

§ I. Essais d'inflammation de grisoutine-couche pure ou surdosée avec diverses matières combustibles;

§ II. Présence de poussier de houille dans les trous de mine;

§ III. Essais d'inflammation, par l'amorce fulminante, de grisoutine-couche additionnée de charbon.

Le Rapport se termine par un résumé et des conclusions.

I. — ESSAIS D'INFLAMMATION DE GRISOUTINE-COUCHE PURE OU SURDOSÉE AVEC DIVERSES MATIÈRES COMBUSTIBLES.

On a provoqué l'inflammation avec la bougie filée, le bec Bunsen ou la poudre noire, et les essais ont été exé-

cutés soit à l'air libre, soit dans un bloc de béton, soit dans un tube métallique presque fermé.

Le bloc de béton employé (*fig.* 1) avait 0m,60 de hauteur et 0m,30 × 0m,30 de section; il était foré sur 45 centimètres de profondeur d'un trou de 30 millimètres de diamètre.

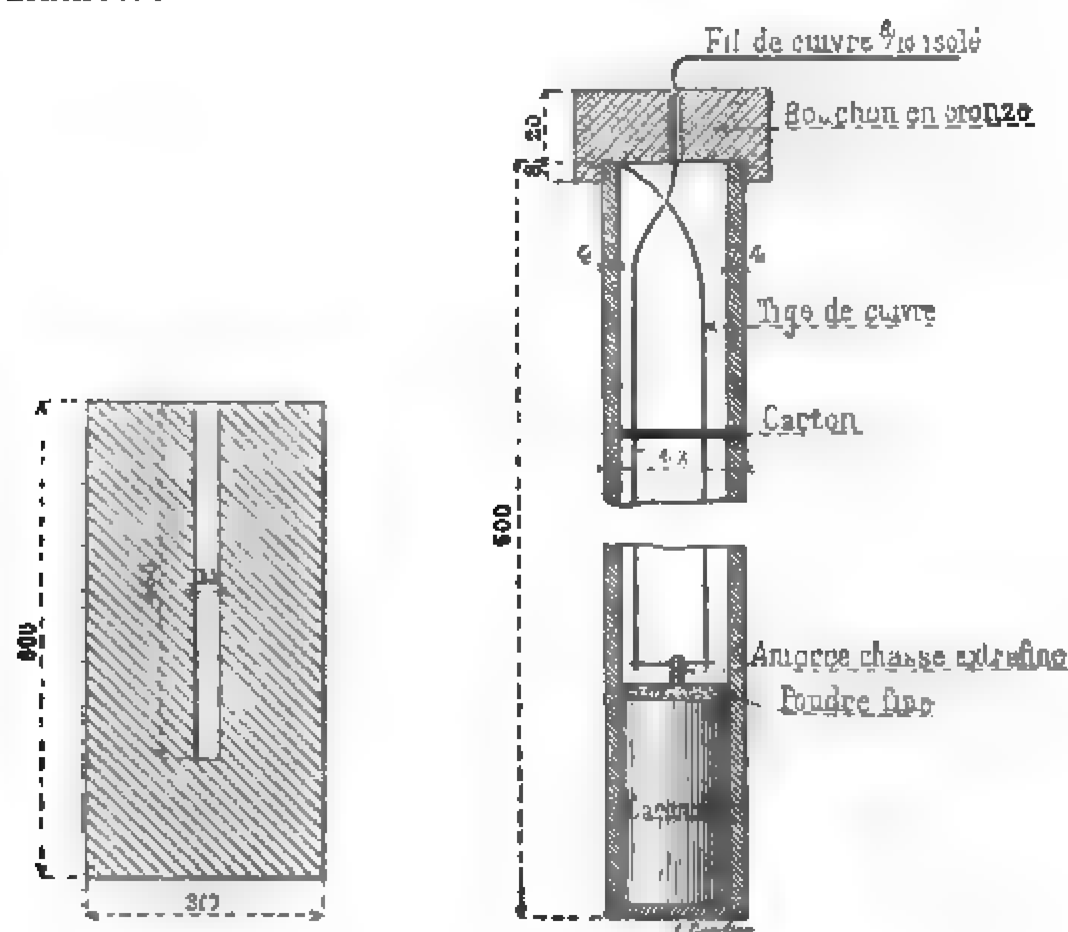


Fig. 1. Fig. 2.

Le tube de fer (*fig.* 2) avait 0m,50 de longueur, 42 millimètres de diamètre extérieur et 4 millimètres d'épaisseur. Le bouchon fileté, en bronze, était percé d'un trou de 2 millimètres de diamètre; mais dans ce trou passait, pour la mise de feu électrique, un fil de cuivre de 0mm,8 isolé.

L'amorçage comprenait de la poudre noire C_1 et de la chasse extra-fine.

Le volume intérieur de cet appareil est de 450 centimètres cubes.

a) **Essais d'inflammation de grisoutine contenant des taux croissants de nitroglycérine.** — On a expérimenté les mélanges suivants, fabriqués au laboratoire :

	Nitrate d'ammoniaque	Nitro-glycérine	Coton azotique
I. Grisoutine-couche de Paulilles...	88,00	11,86	0,14
II. — ...	76,00	23,72	0,28
III. — ...	64,00	35,58	0,42
IV. — ...	52,00	47,44	0,56

Lorsqu'on essaie d'enflammer un petit tas de la matière I avec la bougie filée, il n'y a pas de combustion proprement dite; on entend un grésillement sans dégagement de fumée et sans flamme; on retrouve ensuite le nitrate d'ammoniaque fondu. Avec le bec Bunsen on obtient le même résultat négatif.

On fabrique une cartouche de 28 millimètres de diamètre avec la même matière et on la place au bord du trou ménagé dans le bloc de béton (*fig.* 1), de manière qu'on puisse l'y laisser tomber au premier signe d'inflammation. Mais soit à la bougie filée, soit au bec Bunsen, on ne parvient pas à allumer la cartouche. Le nitrate fond et, après refroidissement, forme une croûte dure à la partie supérieure de la cartouche.

Dans les mêmes conditions, on ne parvient pas à allumer la matière II, mise en tas ou en cartouches.

On essaie également l'allumage à la bougie ou au bec Bunsen de la matière III; le résultat est encore négatif; la nitroglycérine produit des petits crépitements; mais tout cesse quand le bec est retiré.

Dans la composition IV, toute la nitroglycérine n'est pas incorporable; on essaie cette matière avec les précautions suivantes : on en place 15-20 grammes sur un carton et on la recouvre de quelques grammes de poudre de chasse extra-fine; on allume à la mèche Bickford; la poudre noire brûle seule. Afin d'avoir un amorçage

plus lent, on remplace la poudre de chasse par de la poudre BM_2. La nitroglycérine qui imprègne la surface de la dynamite brûle seule et très rapidement ; on retrouve la surface séchée et légèrement durcie. Des essais d'inflammation de résidu à la bougie et au bec Bunsen donnent ensuite des résultats négatifs.

On a, d'autre part, essayé l'allumage des matières I et IV dans le tube de fer bouché de la *fig.* 2.

Dans un premier essai, on place au fond du trou une cartouche de 30 millimètres de diamètre et 15 centimètres de hauteur, qu'on amorce avec deux grains de poudre C_1 et un peu de poudre de chasse, en tout 2 grammes. Un tel amorçage, dans une capacité close de 450 centimètres cubes et imperméable à la chaleur, donnerait théoriquement une pression de 13 kilogrammes. On enfonce le tube en terre et on met le feu à distance. Le dégagement des gaz de l'amorce se fait rapidement, puis tout cesse. La grisoutine ne s'est pas enflammée ; on trouve à la partie supérieure de la cartouche une croûte dure de 2 centimètres d'épaisseur ; la paraffine de l'enveloppe a fondu sur la même hauteur.

On répète le même essai en portant à 6 grammes l'amorçage en poudre noire, ce qui correspondrait, en vase clos de 450 centimètres cubes, à une pression théorique de 40 kilogrammes. La grisoutine ne s'enflamme pas, et le nitrate fond sur 35 millimètres.

On prépare enfin une cartouche de 80 grammes au dosage IV ; la nitroglycérine coule le long de la cartouche ; le papier en est complètement imprégné. On amorce avec 6 grammes environ de poudre noire. L'explosif détone violemment dès la mise de feu ; le fond du tube et le bouchon ne sont pas retrouvés ; la paroi cylindrique est retrouvée complète en trois morceaux. Le globe obtenu dans la terre a un volume de 37 litres, soit $0^l,46$ par gramme d'explosif.

En résumé, on n'a pas pu obtenir de déflagration fusante avec de la grisoutine-couche pure ou surdosée en nitroglycérine.

b) **Action de la paraffine.** — Afin de se rendre compte de l'influence de la paraffine des enveloppes sur la combustion des explosifs au nitrate d'ammoniaque, on a fait les essais suivants.

On fait un mélange de 80 parties de nitrate d'ammoniaque et 20 parties de paraffine; on n'arrive pas à l'enflammer avec la bougie, ni en gouttière métallique de 18 millimètres de diamètre, ni en tas.

Dans un mélange de 70 parties de nitrate d'ammoniaque et de 20 parties de paraffine, on incorpore avec soin 10 parties de dynamite-gomme finement découpée. Avec cette matière, on fait une cartouche de 28 millimètres de diamètre qu'on dispose au bord du trou ménagé dans le bloc de béton. L'inflammation se fait difficilement, la flamme est fuligineuse et la combustion s'arrête dès que la cartouche est projetée dans le trou. On voit nettement que la combustion de la paraffine se fait aux dépens de l'air et nullement aux dépens du nitrate.

Enfin, on surdose 100 grammes de grisoutine-couche à 88 p. 100 de nitrate avec 20 grammes de paraffine finement découpée. La matière s'allume difficilement et s'éteint dès que la cartouche est projetée dans le trou du bloc de béton.

En résumé, on n'a pas pu obtenir de déflagration fusante avec de la grisoutine-couche additionnée de paraffine.

c) **Action du papier.** — On surdose 100 grammes de grisoutine-couche à 88 p. 100 de nitrate avec 10 grammes de papier découpé en grains de 3 millimètres de côté, et on en fait un mélange aussi homogène que possible. On

allume un petit tas de cette matière au bec Bunsen; les particules du papier brûlent aux dépens de l'air.

On allume au Bunsen une cartouche de 28 millimètres de diamètre et on la projette au fond du trou du bloc de béton. La combustion s'arrête au bout de quarante-cinq secondes. Il semble que le papier peut brûler aux dépens du nitrate d'ammoniaque.

Dans un autre essai, l'extinction de la cartouche suit immédiatement sa projection au fond du trou.

En résumé, il semble qu'une cartouche de grisoutine-couche contenant des particules de papier bien mélangées peut brûler un certain temps. Mais il faut remarquer que les conditions dans lesquelles on a obtenu cette légère combustion sont très différentes de celles de la pratique; d'ailleurs, le papier des cartouches de grisoutine est paraffiné, et la paraffine, comme on l'a vu précédemment, ne paraît pas pouvoir brûler lentement aux dépens du nitrate.

d) **Action du charbon.** — Les déflagrations fusantes relatées au dossier ont eu lieu en couche; il y a donc lieu de rechercher l'influence du charbon sur la combustion des grisoutines.

Ces essais ont été exécutés avec du charbon de bois ou du charbon de houille écrasés au mortier et tamisés à la perce de $0^{mm},65$. Il faut remarquer que le charbon de bois étant plus tendre que le charbon de Meurchin utilisé, le poussier du premier était beaucoup plus fin que celui du second.

On a fait d'abord quelques essais avec du charbon de bois. Un mélange de 20 parties de charbon de bois et de 80 parties de nitrate s'allume facilement en tas avec la bougie filée; des particules de charbon rougi s'échappent du tas; la combustion est lente. Dans une gouttière métallique de 18 millimètres de diamètre, l'allumage est très facile et la combustion très régulière; on observe une

tranche incandescente qui avance lentement et d'où s'échappent des particules rouges ; la vitesse est comprise entre 1 et 2 centimètres par minute ; dans le résidu charbonneux, il reste des particules de nitrate.

Dans le bloc de béton, une cartouche de 58 grammes (17 centimètres de hauteur et 25 millimètres de diamètre) de la même matière brûle pendant cinq minutes. On entend un bruissement, et on voit au fond du trou une tranche très rouge ; la fumée est ammoniacale. Une seconde cartouche de 60 grammes brûle pendant huit minutes dans les mêmes conditions.

Le même mélange fait avec du charbon de houille s'allume difficilement ; il n'y a pas de tranche rouge, mais une simple émission de fumée blanche qui dure peu de temps. Dans le bloc de béton, on entend un bruissement pendant une à deux minutes, puis tout s'éteint.

Une cartouche de 90 grammes, au dosage suivant :

Nitrate...............	70	
Charbon de houille....	20	
Dynamite-gomme.....	10	(finement découpée et mélangée avec soin)

est allumée, puis projetée dans le bloc de béton ; la combustion dure dix-sept minutes ; on entend un bruissement avec, de temps en temps, de légers soufflements dus aux particules de dynamite-gomme. On aperçoit au fond du trou une tranche très rouge ; la fumée est ammoniacale.

On répète l'expérience précédente et on observe les mêmes phénomènes.

On fabrique un explosif ayant la composition suivante :

Nitrate........................	88,00
Nitroglycérine..................	11,86
Coton azotique..................	0,14
Charbon de houille.............	20,00

Une cartouche de 12 centimètres de longueur, pesant

60 grammes environ, brûle dans le bloc de béton pendant dix-sept minutes ; au début, la fumée est jaune et légèrement incommodante, puis elle devient blanche et ammoniacale ; on entend un bruit de graisse en ébullition accompagné d'un bourdonnement ; l'inflammation de cette matière s'obtient facilement.

On allume la même matière dans le tube de fer avec bouchon en bronze percé d'un canal de 2 millimètres ; on amorce avec 2 grammes de poudre noire. Pendant trois minutes on entend un bouillonnement graisseux mêlé au bruit d'échappement des gaz par le bouchon. Le dégagement devenant de plus en plus vif, on s'éloigne. Au bout de quinze minutes, on revient et l'on constate que tout est terminé ; il reste dans le tube un résidu charbonneux d'où l'on extrait quelques grammes de nitrate seulement.

Dans un second essai, la combustion est très vive, mais ne dure que quinze à vingt secondes ; puis la matière détone, et le tube s'ouvre, suivant une génératrice, sans que le bouchon soit projeté.

Dans un dernier essai, la combustion dure quatre minutes.

En résumé, en surdosant de la grisoutine-couche avec du charbon de houille passé au tamis de $0^{mm},65$, on obtient des matières susceptibles de produire des déflagrations fusantes identiques à celles qui ont été observées aux mines de Gagnières. Avec le charbon de bois, qui s'écrase d'ailleurs plus facilement, on obtient les mêmes résultats, mais les matières obtenues brûlent plus rapidement que les précédentes.

Il est intéressant de signaler que, dans un essai en tube presque fermé, la combustion s'est transformée, au bout de quinze à vingt secondes, en détonation. On a ainsi réalisé l'expérience que la Commission du Grisou avait vainement tenté de produire avec des matières ne

contenant pas de charbon, lors de l'étude des retards de détonation des explosifs Favier.

e) **Action du coton-poudre.** — Un mélange de 90 parties de nitrate et 10 parties de coton-poudre ne s'allume ni en tas ni en gouttière.

Une cartouche de 60 grammes, au dosage suivant :

Nitrate d'ammoniaque...	70	
Coton-poudre de guerre.	20	
Dynamite-gomme.......	10	(finement découpée et mélangée avec soin)

s'allume facilement ; dans le bloc de béton, elle brûle en huit minutes. La fumée a une faible odeur ammoniacale.

En résumé, le coton-poudre ajouté en grande quantité à des dynamites au nitrate d'ammoniaque donne des matières susceptibles de produire des déflagrations fusantes; mais il n'en est plus de même quand il est en petite quantité, dans la grisoutine-couche en particulier. D'autre part, il est difficile d'admettre que de très importantes erreurs de dosage en coton-poudre aient pu exister, à différentes reprises, dans les cartouches successives de plusieurs trous de mines. Le coton-poudre ne paraît donc avoir pu jouer qu'un rôle secondaire dans les déflagrations fusantes observées aux mines de Gagnières.

f) **Essais sur grisounite.** — Quelques essais ont été faits avec des matières analogues aux grisounites Favier.

On essaie dans le tube de fer, avec une amorce de 6 grammes de poudre noire, un explosif composé de 90 parties de nitrate d'ammoniaque et 10 parties de trinitronaphtaline ; l'amorce brûle seule.

On essaie dans le bloc de béton la même matière surdosée avec 20 p. 100 de charbon de houille pulvérisé ; l'inflammation est assez facile. Dans le bloc, on a d'abord trois extinctions au bout de une minute, trente secondes,

et une minute. Dans un dernier essai, la combustion dure six minutes; les fumées sont jaunes et peu incommodantes; on entend un bouillonnement graisseux. La hauteur de la cartouche est réduite de 19 à 14 centimètres.

II. — PRÉSENCE DE POUSSIER DE HOUILLE DANS LES TROUS DE MINE.

Les essais qu'on vient de rapporter semblent montrer que le poussier de charbon joue un rôle prépondérant dans les déflagrations fusantes des explosifs de sûreté. Dans ces conditions, il était important de vérifier qu'aucune objection de fait ne pouvait être opposée à cette explication et qu'en particulier, dans tous les accidents signalés, du poussier avait pu réellement se trouver mélangé accidentellement à l'explosif.

D'une part, les cinq accidents survenus aux mines de Gagnières ont eu lieu en couche; d'autre part, parmi les ratés de détonation des explosifs Favier relatés dans les Rapports de la Commission du Grisou des 28 avril 1896 et 18 janvier 1899, une seule fois cette circonstance est indiquée, et il s'agit alors d'un coup de mine tiré en couche.

Enfin, M. l'Ingénieur en Chef Chesneau, Secrétaire de la Commission du Grisou, a communiqué à la Commission les renseignements qu'il a pu recueillir sur la présence du poussier de houille dans les trous de mine.

Il n'y a pas mélange de charbon avec l'explosif dans la préparation de la cartouche-amorce avec des mains imprégnées de poussier, mais il y a assez souvent dans les trous de mine des quantités assez importantes de poussier ; dans certains cas, la cartouche du fond s'écrase sous le bourroir et, vraisemblablement, il se produit alors un mélange de l'explosif de cette cartouche avec le poussier qui est dans le fond du trou.

La quantité de poussier pouvant se trouver dans le trou

de mine dépend de la dureté du charbon, de l'inclinaison du trou et du soin apporté par l'ouvrier au curage. Cette quantité de poussier peut parfaitement atteindre et même dépasser 100 grammes.

Le mélange du poussier à l'explosif se fait par l'écrasement des cartouches au fond du trou de mine. A Gagnières, les ouvriers tassent fortement, en général, les cartouches autres que la cartouche-amorce, et, quand les cartouches sont trop dures, certains ouvriers les ramollissent préalablement par malaxage en les roulant entre leurs mains. Pour des trous faits dans des charbons tendres, la longueur des cartouches est parfois réduite de moitié. Dans certains cas, on peut entendre le bruit de l'éclatement de l'enveloppe de la cartouche sous la pression du bourroir.

Il est hors de doute que, dans ce tassement des cartouches, l'explosif mis à nu vient au contact du charbon. On a constaté, par exemple, qu'un ouvrier employait un bourroir un peu usé et arrondi à son extrémité ; ce bourroir, dans la compression, pénétra dans la cartouche et refoula l'explosif contre les parois du trou ; l'ouvrier, ramenant alors son bourroir en arrière, reprenait l'explosif pouvant tapisser les parois du trou, en raclant les parois avec son bourroir; il ne pouvait manquer de faire ainsi un mélange d'explosif et de poussier de charbon.

En résumé, les accidents survenus à Gagnières ont tous eu lieu en couche ; il reste du poussier de charbon dans les trous de mine, et ce poussier peut être mélangé à l'explosif par l'ouvrier, qui écrase l'explosif au fond du trou ; cependant la cartouche-amorce ne paraît pas devoir être mélangée de poussier.

III. — ESSAIS D'INFLAMMATION, PAR L'AMORCE AU FULMINATE, DE GRISOUTINE-COUCHE ADDITIONNÉE DE CHARBON.

On a utilisé, dans ces essais, de la grisoutine-couche fabriquée à Ablon, en juillet 1906, et ayant même composition que la grisoutine de Paulilles. Cet explosif est livré en cartouches de 75 grammes dans lesquelles la matière est comprimée à une densité voisine de 1,25.

a) **Grisoutine surdosée avec charbon de bois.** — La grisoutine-couche sèche détone sous l'action de l'amorce de $0^{gr},20$ de fulminate. Lorsqu'on y ajoute du charbon, elle devient plus inflammable, mais sa sensibilité à l'amorce diminue. Si, de plus, on la comprime, il faut des amorces de plus en plus puissantes pour obtenir la détonation complète de la matière. De la grisoutine-couche étant mélangée de charbon et amenée à une certaine densité, on comprend que ce sera en l'amorçant avec la plus forte amorce ne causant pas de détonation qu'on aura la plus grande probabilité d'obtenir une inflammation.

Les essais ont porté sur de la grisoutine-couche surdosée avec 20 p. 100 de charbon de bois pulvérisé et tamisé à $0^{mm},65$. Les cartouches étaient disposées sans bourrage au fond de trous de mine de $0^{m},40$ de profondeur.

Une première série d'essais (août 1906) a été faite sur des cartouches comprimées à la densité de 0,75; cette densité s'obtient par un simple tassage à la main. De telles cartouches détonent complètement sous l'influence de l'amorce de $0^{gr},40$. En amorçant à $0^{gr},25$, on a eu 3 ratés de détonation et 1 combustion; celle-ci dure trois minutes environ pour une cartouche de 12 grammes, et l'on voit nettement la masse rouge au fond du trou. En amorçant à $0^{gr},30$, on a eu 1 raté et 3 combustions lentes.

Une deuxième série d'essais (janvier 1907) a été faite sur 8 cartouches de 50 grammes comprimées à des densités comprises entre 0,75 et 0,80 et disposées, sans bourrage, au fond de trous de mine de $0^{m},40$. On a obtenu 3 déflagrations fusantes, dont l'une avec une amorce de 1 gramme et les deux autres avec des amorces de $0^{gr},30$; ces combustions ont duré quatre minutes environ.

En résumé, des cartouches de grisoutine, surdosées avec 20 p. 100 de charbon de bois, peuvent être facilement enflammées par l'amorce au fulminate.

b) **Inflammation par une cartouche non surdosée.** — Dans la préparation des coups de mine, la cartouche-amorce n'est pas écrasée et ne paraît pas devoir contenir de poussier de charbon. On vient de voir qu'une cartouche surdosée avec du charbon de bois pouvait être facilement enflammée par l'amorce au fulminate ; on a cherché à obtenir le même phénomène sous l'action d'une cartouche-amorce non surdosée.

Dix essais ont été faits dans ce but et ont donné des résultats négatifs. On a fait varier l'action de la cartouche-amorce en ménageant un intervalle variable entre les deux cartouches ; on a ainsi obtenu des détonations complètes et des ratés de transmission, mais jamais d'inflammation.

c) **Grisoutine-couche surdosée avec du charbon de houille.** — Dans une première série de 36 essais, on a employé du charbon de Meurchin pulvérisé et tamisé à la perce de $0^{mm},65$. On a obtenu des détonations complètes ou partielles, des ratés de détonation et une seule inflammation. Dans ce dernier essai (8 août 1906), une cartouche de 38 grammes d'un mélange de 100 parties de grisoutine B pour 60 parties de charbon, comprimé à la densité de 0,95, ayant été amorcée à $0^{gr},20$, s'est enflammée et a brûlé complètement, en faisant entendre un bruit de graisse en ébullition.

Dans une deuxième série, de 19 essais, on a employé, dans les mêmes conditions, du charbon de Liévin ; on a obtenu des détonations complètes ou partielles, des ratés de détonation, et jamais d'inflammation.

Dans une troisième série de 39 essais, on a employé du charbon de Liévin, ou de Salles et Montalet, très finement pulvérisé et tamisé à la soie n° 12 des Poudres et Salpêtres. On a obtenu des détonations complètes ou partielles, des ratés de détonation et une seule inflammation. Dans ce dernier essai (5 mars 1907), une cartouche de 50 grammes d'un mélange de 100 parties de grisoutine B pour 50 parties de charbon de Salles et Montalet, comprimé à la densité de 0,83, ayant été amorcée à $0^{gr},30$, s'est enflammée et a brûlé pendant quarante-cinq secondes environ, en faisant entendre un bruit de corps gras en ébullition ; il se dégage une fumée épaisse qui empêche de voir la flamme. La hauteur de la cartouche a été réduite de 12 à 10 centimètres.

En résumé, avec le charbon de houille on a obtenu, sur près de 100 essais, 2 déflagrations fusantes sous l'action de l'amorce au fulminate.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

Par dépêche du 29 janvier 1906, M. le Ministre de la Guerre a prié la Commission d'entreprendre, de concert avec les membres de la Commission du Grisou qui lui sont adjoints, les expériences dont le programme est indiqué dans l'avis de la Commission du Grisou du 11 décembre 1905. Par dépêche du 30 janvier 1907, il a prié la Commission de lui faire parvenir, aussitôt que possible, son Rapport sur les causes des déflagrations exceptionnelles analogues à celle qui s'est produite, le 7 août 1905, aux mines de Salles et Montalet.

Les accidents relatés dans le dossier transmis à la Commission se ramènent à deux types :

1° Des déflagrations fusantes d'explosifs au nitrate d'ammoniaque provoquées par l'amorce au fulminate et dans lesquelles le grisou ne paraît pas avoir joué de rôle ;

2° Des inflammations de grisou par de la grisoutine-couche ayant détoné régulièrement.

Conformément au programme de la Commission du Grisou, la Commission s'est surtout attachée à rechercher les circonstances dans lesquelles peuvent se produire les accidents du premier type.

D'après les essais entrepris, la grisoutine-couche ne paraît pas pouvoir donner lieu à des déflagrations fusantes. La même conclusion a été formulée antérieurement par la Commission du Grisou pour les grisoutines Favier.

La Commission a recherché si, par des additions de matières combustibles, on ne pourrait pas faciliter l'inflammation des grisoutines. Parmi les matières expérimentées, deux, la nitroglycérine et la paraffine, doivent être éliminées ; deux autres, le papier et le coton-poudre, doivent être retenues ; enfin la dernière, le charbon, paraît être la véritable cause des déflagrations constatées.

Les accidents des mines de Gagnières se sont tous produits en couche ; d'autre part, il reste du poussier de charbon dans les trous de mine, et ce charbon peut être mélangé à l'explosif par l'ouvrier qui écrase l'explosif au fond du trou ; cependant la cartouche-amorce ne paraît pas devoir être mélangée de poussier.

Enfin, la Commission a entrepris des essais d'inflammation, par l'amorce au fulminate, de grisoutine-couche additionnée de charbon. Avec le charbon de bois, l'inflammation par l'amorce est facilement obtenue. Avec le charbon de houille, on n'a obtenu que deux inflammations sur près de 100 essais.

En résumé, il peut se produire, dans les trous de mine forés en couche, des mélanges de grisoutine ou grisounite et de charbon. En cas de raté de détonation, de tels mélanges peuvent donner lieu à des déflagrations fusantes identiques à celles qui ont été constatées aux mines de Gagnières ; dans ce cas, l'inflammation du grisou, s'il y en a, est presque certaine. En cas de détonation, le danger sera moindre ; mais le charbon mélangé à l'explosif, en augmentant la température de détonation et en produisant de l'oxyde de carbone, pourra faciliter l'inflammation du grisou et faire perdre l'avantage recherché par l'emploi des explosifs de sûreté.

La Commission estime que les déflagrations constatées aux mines de Gagnières sont probablement dues à un mélange d'explosif au nitrate d'ammoniaque et du poussier de charbon qui existe dans les trous de mine. Elle propose de conseiller :

1° Le curage soigné des trous de mine forés en couche ;

2° La suppression des bourrages exagérés pouvant écraser les cartouches et les mélanger de charbon ;

3° Le renforcement des amorçages.

Enfin, la Commission désirerait être informée des nouveaux accidents qui pourraient se produire avec les explosifs de sûreté au nitrate d'ammoniaque.

Paris, le 14 mars 1907.

Le Rapporteur,
DAUTRICHE.

Adopté par la Commission des Substances explosives, dans sa séance du 14 mars 1907.

Le Secrétaire,
LIOUVILLE.

Le Vice-Président,
P. VIEILLE.

DISCOURS
PRONONCÉ AUX FUNÉRAILLES
DE M. HENRI BOCHET

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES MINES

Le 1er Août 1907,

Par M. AGUILLON, Inspecteur Général des Mines.

Messieurs,

Lorsque l'un de nous disparaît pour l'éternel repos, la douleur qui nous envahit ne peut empêcher notre pensée de se reporter vers l'œuvre réalisée, la tâche accomplie par lui, encore plus que vers le nombre d'années qu'il a vécues, pour grand que ce nombre ait été. M. l'Inspecteur Général Bochet, que je viens saluer une dernière fois au nom du Corps des Mines, en était par l'âge le doyen. Il s'en va à quatre-vingt-cinq ans, ayant eu le mérite d'être de ceux qui auront révélé une nouveauté scientifique utile; son nom par là restera lorsque auront disparu depuis longtemps les affections et les relations que la vie crée et que la mort supprime.

A sa sortie de l'École des Mines, en 1846, Bochet, en polytechnicien d'élite, était prêt pour toutes les voies scientifiques. Aussi ne faut-il pas s'étonner qu'après six ans passés dans divers services de province il fût rappelé à Paris pour enseigner aux Élèves externes de l'École des Mines la chimie générale d'abord, la physique et la mécanique ensuite, en même temps qu'il était chargé

d'un service de contrôle de chemins de fer. Il avait trouvé sa véritable voie. Pendant cinq ans, de 1856 à 1861, ayant abandonné son cours à l'École des Mines, il procéda avec ingéniosité et méthode à de lentes et patientes recherches qui lui permirent de publier en 1861 le Mémoire par lequel il montrait en quoi étaient erronées les lois de Coulomb sur le frottement et comment elles devaient être revisées. Le coefficient de frottement n'est pas constant, comme l'avait cru Coulomb ; il varie avec la vitesse. La découverte de Bochet, importante pour la science et capitale pour l'exploitation des chemins de fer, vint trop tôt peut-être pour son auteur, parce que les vitesses sur nos voies ferrées n'étaient pas alors ce qu'elles sont devenues, et Bochet eut toujours trop de détachement tant pour faire valoir son invention que pour réclamer une priorité incontestée lorsque, plusieurs années après, d'autres, à l'étranger, se firent des réputations par l'application de sa découverte.

Promu Ingénieur en Chef à Chambéry en 1864, il ne quitta cette résidence que pour revenir à Paris, en 1881, au Conseil Général des Mines. Il s'était spécialement attaché en Savoie aux eaux minérales d'Aix-les-Bains, dont il avait la gestion technique, et il y acquit une notoriété qui le fit appeler en 1890 par le Gouvernement Roumain pour donner son avis sur le captage des sources de cette région.

Bochet resta au Conseil Général des Mines jusqu'à sa retraite en 1892 comme Inspecteur Général de 1re classe.

Esprit original, primesautier, prisant plus les résultats et les faits que l'art des développements, il s'attachait plus à conclure qu'à exposer ; mais ses conclusions valaient par l'expérience qu'il avait acquise dans sa carrière.

Après sa retraite administrative, il s'était en quelque sorte retiré du monde, comme s'il lui suffisait de revivre dans ce fils dont les succès furent sa joie et sa récom-

pense, dont le labeur et la science honorent déjà notre corps et dont la piété filiale nous donnait, il y a quelques jours à peine, en l'ayant simplement mis au point d'une main aussi légère que respectueuse, un ancien travail du père sur la théorie des ventilateurs, où nous reconnaissons les qualités de science et de pratique du classique mémoire sur le frottement de 1861.

Telle fut cette vie, qui s'est prolongée jusqu'aux extrêmes limites de la vieillesse, toute de simplicité et de désintéressement, et partant de dignité, traversée par un éclat lumineux, aux conséquences fécondes, dont la philosophie de Bochet ne lui fit jamais tirer grand profit pour lui-même. N'est-ce pas plus qu'il en faut, Messieurs, pour que nous nous inclinions devant cette tombe, en pensant que le souvenir restera de celui auquel nous disons en ce moment le dernier adieu?

COMMISSION DU GRISOU.

I. — NOTE

SUR

L'AMÉLIORATION DE LA SÉCURITÉ DANS LES MINES GRISOUTEUSES

PAR EMPLOI D'UN NOUVEAU DISPOSITIF D'AMORÇAGE DES EXPLOSIFS

Par M. LHEURE, Ingénieur des Poudres et Salpêtres.

Il y a quelques années, nous avons imaginé un nouveau dispositif d'amorçage des charges explosives dans le but d'assurer leur détonation complète et de supprimer les « culots » qui se produisent assez fréquemment dans la pratique.

Ce dispositif consiste essentiellement à effectuer l'amorçage non plus en un point de la charge, mais sur toute sa longueur, en prolongeant le détonateur ordinaire par un tube ou cordeau détonant à enveloppe métallique.

Nous avons recherché si ce mode d'amorçage était de nature à augmenter la sécurité dans les mines grisouteuses, et nous nous proposons d'indiquer les résultats de notre étude.

I. — CARACTÉRISTIQUES DU TUBE OU CORDEAU DÉTONANT D'AMORÇAGE.

Le nouveau procédé d'amorçage peut s'appliquer avec un tube détonant quelconque. On aurait donc pu se bor-

ner à employer les tubes détonants étudiés autrefois par la Commission des Substances explosives.

Nous avons jugé préférable de préparer, suivant les procédés de fabrication indiqués par cette Commission (*Mémorial des Poudres et Salpêtres*, t. II), un autre tube ou cordeau détonant mieux approprié à l'usage industriel que nous avions en vue.

Ce tube est à âme de trinitrotoluène et à enveloppe de plomb; il peut être étiré à différents diamètres. Pour l'amorçage des explosifs usuels, on a adopté un tube de 5^{mm},5 à 6 millimètres de diamètre extérieur et 4 millimètres environ de diamètre de l'âme explosive.

Le trinitrotoluène étant très peu sensible et très stable, les cordeaux détonants fabriqués avec cet explosif présentent un très haut degré de sécurité dans les manipulations et la mise en œuvre.

Pour l'amorçage correct d'un de ces cordeaux, il faut employer un détonateur de la force de 1 gramme de fulminate au minimum. L'artifice détone alors avec une vitesse qui varie avec le diamètre et qui est voisine de 6.000 mètres par seconde pour le cordeau de 6 millimètres extérieur. Ce cordeau produit des effets d'excitation explosive comparables à ceux du fulminate à égalité de volume et supérieurs à ceux de ce corps à égalité de poids d'explosifs.

Quand l'amorce initiale est insuffisante ou mal disposée, il se produit un raté de détonation avec déchiquetage de la partie du tube voisine de l'amorce, mais sans combustion fusante.

Les produits fournis par la détonation sont, d'abord, des parcelles de plomb provenant du déchiquetage de l'enveloppe, puis les produits de décomposition du trinitrotoluène, c'est-à-dire, d'après les analyses du Dr Bichel publiées dans diverses revues :

CO^2	3,7	p. 100
CO	70,5	
H	1,7	
Az	19,9	
C	4,2	
	100,0	

La température de détonation du trinitrotoluène, en partant du mode de décomposition ci-dessus, est de 2.428°.

II. — DEGRÉ DE SÉCURITÉ, DANS LES MINES GRISOUTEUSES, DE L'AMORÇAGE PAR TUBE DÉTONANT AU TRINITROTOLUÈNE.

On a vu que le tube détonant choisi pour l'amorçage donnait naissance à des produits combustibles (Pb, CO, H, C). D'autre part, les explosifs de sûreté réglementaires en France renferment toujours un excès d'oxygène. *A priori*, il y a donc possibilité de réactions secondaires entre les produits de la détonation de l'explosif et ceux de la détonation du cordeau, et par suite il convient d'examiner l'action sur le grisou non pas seulement *du cordeau détonant seul*, mais aussi celle de l'ensemble, *cordeau détonant et explosif*.

A. **Tube détonant seul.** — Cet artifice ne satisfait pas à l'une des conditions imposées par les règlements français, puisqu'il donne, par détonation, des gaz combustibles. Mais la pratique des explosifs de sûreté étrangers a montré que c'était là un point secondaire, et d'ailleurs les gaz du cordeau ne constitueraient jamais qu'une fraction insignifiante des gaz de la charge.

Nous nous sommes donc borné à rechercher si les conditions de température étaient observées.

La température de détonation du trinitrotoluène, 2.428°, est bien supérieure à la limite de 1.500° imposée par les

règlements français; mais il faut tenir compte d'un abaissement notable de la température par suite du travail de rupture de l'enveloppe en plomb.

A notre connaissance, il n'existe aucune donnée permettant de calculer théoriquement cet abaissement de température, et le degré de sécurité des cordeaux détonants dans le grisou ne peut être déterminé que par la méthode expérimentale.

MM. Watteyne et Stassart ont bien voulu essayer les tubes détonants au trinitrotoluène à la station de Frameries en adoptant le mode opératoire employé autrefois par la Commission des Substances explosives (artifice disposé au milieu du mélange grisouteux et non pas à l'intérieur d'un mortier de tir). Les essais ont porté sur le tube d'amorçage de 6 millimètres extérieur, suffisant pour tous les explosifs usuels, et aussi sur un cordeau de plus petit diamètre, n'ayant guère que 2 millimètres d'âme explosive et 4 millimètres de diamètre extérieur.

Cordeau de 6 *millimètres.* — Ce cordeau était amorcé à une extrémité avec un détonateur électrique de 2 grammes de fulminate et fermé à l'autre extrémité pour empêcher le contact direct de l'âme explosive avec le grisou. On a obtenu les résultats suivants :

Longueur de $0^{m},70$...........	Non-inflammation.
Longueur de 2 mètres........	Inflammation.

La longueur limite compatible avec la sécurité, *dans le milieu grisouteux lui-même*, est donc de $0^{m},70$ *au moins*.

Avec les diamètres courants des cartouches de mine, cette longueur de $0^{m},70$ permettrait d'amorcer une charge explosive de plus de $0^{kg},500$, bien supérieure aux charges limites trouvées dans les stations d'essais pour les grisounites françaises. On peut donc dire que le cordeau d'amorçage présenterait dans le grisou un degré de sécurité supérieur à celui des explosifs réglementaires.

En se plaçant au point de vue de la théorie française des inflammations de grisou, basée sur l'action de la température seule, on peut conclure des essais pratiques de Frameries que les gaz de la détonation du cordeau d'amorçage ne sont pas à une température sensiblement supérieure à 1.500°.

Cordeau de 4 millimètres. — Ce cordeau était muni d'une tresse de jute recouvrant l'enveloppe en plomb à laquelle correspond le diamètre de 4 millimètres.

Le cordeau était amorcé à une de ses extrémités avec un détonateur électrique de 2 grammes de fulminate. L'autre extrémité était librement ouverte, l'âme explosive étant en contact avec le grisou. On a obtenu les résultats suivants :

Nos DES ESSAIS	LONGUEUR DE CORDEAU	RÉSULTATS	OBSERVATIONS
1er essai	3m	Non-inflammation	
2e —	17m en plusieurs tronçons réunis par des raccords.	Inflammation	La détonation a été limitée au 1er tronçon de 7m de long. Il y a eu arrêt de détonation au raccord.
3e —	7m,00	Non-inflammation	
4e —	4,00	—	
5e —	4,20	—	
6e —	4,50	—	
7e —	1,00	—	
8e —	0,70	—	
9e —	9,00	—	

L'inflammation constatée dans l'essai no 2 parait due à une défectuosité dans le raccord des deux tronçons du cordeau détonant. Il est probable que l'opérateur, non habitué au maniement du cordeau, aura pincé quelques fils de la tresse en jute entre les deux âmes explosives à raccorder et que ces fils auront arrêté la détonation en se carbonisant et enflammant ainsi le grisou.

Si l'on élimine cette expérience suspecte, on est amené à conclure que le cordeau de 4 millimètres présente une

sécurité très grande dans le grisou et qu'il peut être employé, même sous de grandes longueurs, dans le mélange grisouteux lui-même.

B. **Cordeau détonant et explosif.** — On examinera successivement les deux cas limites qui encadrent tous les cas possibles de la pratique, à savoir : 1° absence totale de réactions secondaires entre les produits du cordeau et ceux de l'explosif ; 2° combustion totale des produits du cordeau dans l'excès d'oxygène de l'explosif.

PREMIER CAS. — *Absence de réactions secondaires.* — L'effet du nouvel amorçage se borne alors à introduire dans la masse gazeuse provenant de la détonation de l'explosif une quantité supplémentaire de gaz, sensiblement à la même température que les premiers (environ 1.500°), comme on l'a vu précédemment.

Avec les diamètres usuels des cartouches de mine, on peut compter, dans l'amorçage par cordeau de 6 millimètres, environ :

2 parties, en poids, de trinitrotoluène
et 10 parties, en poids, de plomb
pour 100 parties, en poids, de la charge explosible.

Dans la détonation, le plomb de l'enveloppe reste à basse température, et le supplément de gaz chauds se réduit par suite à 2 p. 100 du poids de la charge.

La conséquence serait une diminution de 2 p. 100 dans le poids de la charge limite d'explosif. Cette diminution est tout à fait négligeable.

DEUXIÈME CAS. — *Combustion totale des produits du cordeau dans l'explosif.* — Tout se passe, dans ce cas, comme si on avait incorporé dans les composants de l'explosif 2 p. 100 de trinitrotoluène et 10 p. 100 de plomb.

On peut calculer théoriquement l'augmentation de température résultant de cette modification de dosage.

Le calcul montre qu'une addition de 1 p. 100 de trinitronaphtaline à la grisounite-couche Favier (à 4,5 p. 100 de trinitronaphtaline) augmente sa température de détonation d'un peu moins de 100°. Avec le trinitrotoluène, moins riche en carbone que la trinitronaphtaline, l'augmentation de température sera un peu moindre. Sans faire un calcul rigoureusement exact, on peut donc estimer à 150° en nombre rond l'accroissement de température résultant de l'incorporation de 2 p. 100 de trinitrotoluène dans la grisounite Favier.

L'addition de 10 p. 100 de plomb donne une augmentation de température sensiblement égale à la précédente dans l'hypothèse de la transformation complète de Pb en PbO^2, qui est l'oxyde de plomb dégageant le plus de chaleur (évaluation faite en prenant 63c,4 comme chaleur de formation de PbO^2 et 0,10 comme chaleur spécifique de cet oxyde).

On arrive donc, en définitive, à une augmentation de température de 300° environ, qui transformerait les explosifs pour travail en couche en explosifs pour travail dans le rocher.

Suivant qu'on envisage l'un ou l'autre des deux cas limites étudiés, on voit que les conclusions sont très différentes. Au point de vue de l'emploi de l'amorçage par cordeau détonant dans le grisou, il est donc capital de savoir si, dans la pratique, on se rapproche du premier cas limite ou du deuxième, autrement dit d'établir si la combustion du cordeau se trouve, ou non, réalisée dans les conditions d'emploi.

Pour élucider cette question, on a eu recours à des essais de détonation en trous de mine forés dans un terrain argileux. La détonation, dans ces conditions expérimentales, détermine la formation d'un globe de compression dont les parois font en quelque sorte l'effet d'un filtre, laissant passer les gaz résultant de la détonation, mais

retenant à leur surface une fraction plus ou moins grande des particules solides. L'examen des parois du globe peut ainsi fournir des renseignements sur la nature des réactions effectuées pendant la détonation.

Par exemple, la détonation du cordeau au trinitrotoluène seul, sans charge explosive, détermine sur les parois du trou de mine un dépôt de noir de fumée montrant qu'il existe du carbone libre dans les produits de détonation du trinitrotoluène, conformément à ce qu'on avait déjà établi par des analyses directes.

Pour étudier les réactions du cordeau sur l'oxygène du nitrate d'ammoniaque, on a fait détoner des cartouches de nitrate seul amorcées avec un cordeau de $7^{mm},3$ de diamètre extérieur. On a constaté sur les parois du globe un dépôt de noir de fumée montrant que le carbone du trinitrotoluène ne s'était pas brûlé dans le nitrate. D'après les dimensions du globe, la décomposition du nitrate avait été complète, et d'ailleurs on n'a retrouvé aucune trace de résidus.

La non-oxydation de particules ténues de carbone à haute température rend très probable la non-oxydation des autres éléments combustibles du cordeau. Si la combustion de ces produits n'est pas réalisée dans le nitrate seul, elle ne le sera pas, *a fortiori*, dans la grisounite Favier, où l'oxygène libre est plus dilué et existe en quantité moindre que dans le nitrate seul.

Des essais ayant montré que la combustion du cordeau peut, au contraire, être obtenue dans le chlorate de potasse et dans certains explosifs chloratés à excès d'oxygène, nous avons procédé, le même jour et dans le même terrain, à des expériences comparatives entre le nitrate d'ammoniaque et un explosif formé de 95 parties de chlorate de potasse et 5 parties de glycérine (ce dernier explosif a une température de détonation d'environ 1.500° et un excès d'oxygène comparable à celui de la

grisounite-couche Favier). On a obtenu les résultats suivants :

DÉTONATIONS EN TROUS DE MINE AVEC BOURRAGE DE $0^{m},60$.

EXPLOSIFS	MODE D'AMORÇAGE	RÉSULTATS	OBSERVATIONS
95 chlorate de potasse. 5 glycérine. 3 cartouches de 100 gr.	Tube détonant au trinitrotoluène de $5^{mm},5$ environ, traversant les 3 cartouches.	Détonation complète. Prof. du globe, $0^{m},68$. Diamètre, $0^{m},33$. Volume, $0^{m3},039$. $\frac{V}{P} = 0,12$.	Les parois du globe présentent des stries très nettes avec des taches jaunâtres plus ou moins prononcées.
Nitrate d'ammoniaque seul en cartouches comprimées à 20^{kg}, par cm². 3 cartouches de 50 grammes.	Tube détonant au trinitrotoluène de $7^{mm}3$, traversant les 3 cartouches.	Détonation complète. Prof. du globe, $0^{m},59$. Diamètre, $0^{m},31$. Volume, $0^{m3},030$. $\frac{V}{P} = 0,20$.	Les parois du globe sont couvertes de noir de fumée.

La différence d'aspect des deux globes est extrêmement nette : d'une part, on observe des colorations jaunâtres accusant l'oxydation du plomb sans aucune trace de noir de fumée et, d'autre part, au contraire, un dépôt très accentué de noir de fumée sans trace de coloration jaunâtre.

Ces expériences sont faciles à reproduire. Elles montrent que, dans la pratique, le cordeau d'amorçage ne se brûle pas, d'une façon appréciable, dans le nitrate d'ammoniaque, et qu'on se rapproche du premier des cas limites envisagés précédemment.

On en conclut que le tube détonant au trinitrotoluène agirait réellement comme détonateur et non comme combustible avec les explosifs au nitrate d'ammoniaque, et qu'il n'introduirait aucun élément nouveau de danger dans les mines grisouteuses. La température de détonation ne serait pas augmentée et la limitation des longueurs de cordeau à employer se trouverait réalisée automatiquement par la limitation imposée aux charges explosives, moins sûres dans le grisou que le cordeau lui-même.

III. — COMPARAISON ENTRE L'AMORÇAGE ACTUEL ET L'AMORÇAGE PAR TUBE DÉTONANT AU POINT DE VUE DES AVANTAGES ET DES INCONVÉNIENTS DANS LES MINES GRISOUTEUSES.

Cette comparaison a été faite, d'abord d'une façon en quelque sorte théorique, d'après des essais de laboratoire, puis d'une façon pratique, d'après des essais d'exploitation courante dans les mines.

A. **Comparaison théorique.** — D'après les propriétés générales des cordeaux détonants, on peut, *a priori*, prévoir dans l'emploi du nouvel amorçage les avantages suivants :

Détonation assurée de toute la charge explosive, quelle que soit sa longueur ;

Suppression certaine des culots ;

Impossibilité de décompositions anormales (tardives ou fusantes).

On a vu précédemment que l'amorçage par cordeau détonant ne modifierait pas la température de détonation des explosifs au nitrate d'ammoniaque.

Cet amorçage augmenterait leur vitesse de décomposition et la rapprocherait de la vitesse de détonation du cordeau (6.000 mètres environ par seconde), sans que nous puissions dire, à l'avance, si cette modification serait favorable ou défavorable au point de vue de la sécurité dans le grisou. D'après les idées généralement admises à l'étranger, les fortes vitesses de décomposition seraient défavorables à la sécurité, mais aucune justification n'a été donnée de cette façon de voir, et certaines expériences faites anciennement par la Commission des Substances explosives tendraient au contraire à faire admettre que l'augmentation de la vitesse de déto-

nation est favorable à la sécurité dans le grisou et les poussières.

En définitive, l'amorçage au cordeau modifierait le fonctionnement des explosifs de sûreté. Certaines de ces modifications seraient certainement avantageuses ; aucune ne paraît, *a priori*, devoir être désavantageuse.

Dans la comparaison précédente, nous avons supposé que l'on continuerait à utiliser les types actuels d'explosifs. Si l'on envisage la question de la sécurité du grisou au point de vue plus général de la recherche de nouvelles compositions antigrisouteuses, on peut se rendre compte que l'emploi du nouvel amorçage donnerait des facilités nouvelles pour la solution du problème :

1° Il permettrait de faire détoner correctement en trous de mine certains mélanges à haute sûreté dans le grisou, laissés de côté jusqu'ici par suite d'une aptitude insuffisante à la détonation, en particulier les mélanges de nitrate d'ammoniaque et naphtaline ou mononitronaphtaline, étudiés autrefois par la Commission des Substances explosives.

2° L'amorçage au cordeau donnerait la possibilité de conférer aux poudres lentes le fonctionnement brisant et de supprimer ainsi le seul obstacle qui s'oppose à l'essai de ces mélanges comme explosifs de sûreté. Nous avons vérifié que la poudre noire, amorcée par le cordeau, donnait dans le terrain naturel des globes de compression comparables à ceux des explosifs brisants.

3° Cet amorçage permettrait, selon toute vraisemblance, l'utilisation du nitrate d'ammoniaque seul comme explosif dans les mines. Nous avons pu en effet obtenir avec ce sel, soit dans le terrain naturel, soit dans des blocs de grès, la décomposition complète avec production d'un travail comparable à celui des grisounites, et quelques essais effectués dans les mines ont confirmé ces résultats. Bien que le cordeau à employer à cet effet (7^{mm},5 environ de

diamètre extérieur) soit moins sûr dans le grisou que le cordeau ordinaire de 6 millimètres, il est néanmoins permis de supposer que le système « cordeau de $7^{mm},5$ — nitrate seul » serait de nature à donner de bons résultats dans le grisou, puisque le cordeau ne se brûle pas dans le nitrate.

Ces quelques exemples suffisent, croyons-nous, à montrer que l'emploi du cordeau détonant pour l'amorçage des charges de mines étendrait considérablement le champ des recherches pour les explosifs de sûreté.

B. **Comparaison pratique.** — La Compagnie des Mines de Lens a bien voulu expérimenter dans les conditions de la pratique le nouveau mode d'amorçage. Les essais ont porté sur la grisounite-couche Favier comprimée en cartouches percées d'un canal axial pour le passage du cordeau.

Le mode opératoire était le suivant :

On déroulait à l'une de ses extrémités une couronne de cordeau détonant en redressant le mieux possible la partie déroulée. On embrochait une à une sur la partie droite du cordeau toutes les cartouches composant la charge de mine, et on amorçait l'extrémité du cordeau avec un détonateur ordinaire muni de sa mèche de mise de feu ou avec un détonateur électrique.

Dans les deux cas, le fond du détonateur était appuyé contre l'âme du cordeau. La réunion était effectuée au moyen d'un tube de raccord en laiton qu'on sertissait à un bout sur le cordeau et qu'on serrait à l'autre bout sur le détonateur au moyen d'une coulisse (*fig*. 1). On faisait alors glisser les cartouches de façon à les appuyer l'une contre l'autre, la première masquant le détonateur. On coupait le cordeau à la longueur voulue en repliant légèrement l'extrémité pour maintenir la file des cartouches. On introduisait la charge dans le trou de mine et on l'en-

fonçait jusqu'au fond du trou. On procédait enfin au bourrage dans les conditions habituelles (*fig.* 2).

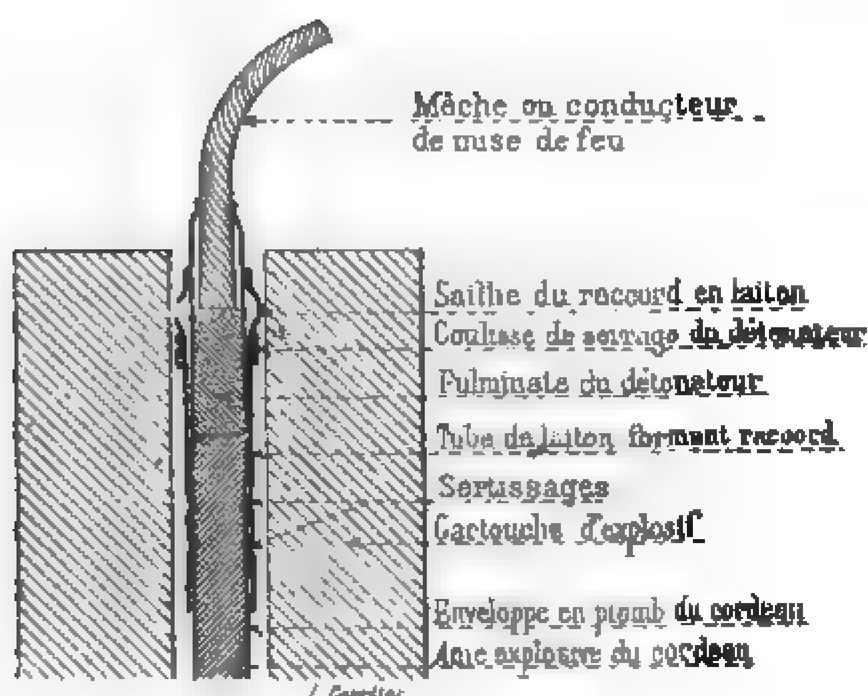


Fig. 1.

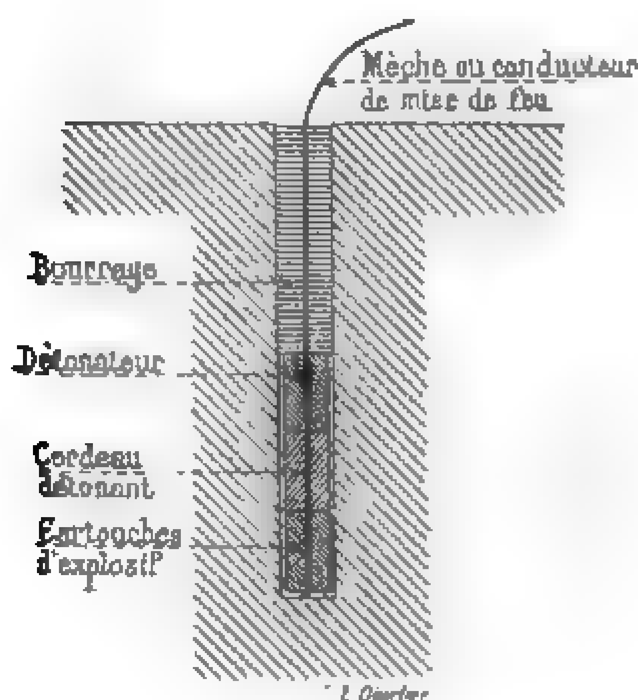


Fig. 2.

Résultats des essais. — Ces résultats ont été résumés de la façon suivante dans une lettre de M. Reumaux, directeur de la Compagnie des Mines de Lens :

« Nous avons procédé, à notre fosse n° 1, aux essais du « cordeau détonant au trinitrotoluène employé avec la « poudre Favier comprimée. Nous avons pu constater les « faits suivants :

« 1° Le cordeau détonant provoque la détonation com- « plète de toutes les cartouches de poudre Favier compri- « mée qui composent la charge de chaque trou de mine ; « aucune détonation partielle n'a été relevée.

« 2° On a pu avec le cordeau faire détoner des car- « touches comprimées de nitrate d'ammoniaque pur.

« 3° Les charges d'explosifs Favier ont été réduites de « 20 p. 100 tout en donnant le même résultat.

« 4° Nous avons pu remplacer la poudre Favier B, qui « n'est pas de sûreté pour le grisou, par de la poudre « Favier-couche à température de détonation inférieure « à 1.500°, et cela avec une réduction de 20 p. 100 sur « le poids de l'explosif.

« Je vous autorise à communiquer ma lettre à MM. les « membres de la Commission du grisou, qui certainement « s'intéresseront aux avantages que procure l'emploi du « cordeau et dont les principaux sont : suppression des « détonations incomplètes, réduction du poids des charges, « possibilité d'employer des explosifs à très basse tempéra- « ture de détonation. »

Discussion des résultats. — Les essais de Lens montrent tout d'abord que le nouveau mode d'amorçage peut être employé, sans inconvénients pratiques, dans une exploitation courante. On doit ajouter néanmoins, bien que ce point n'ait pas été signalé par les Mines de Lens, que le chargement d'un trou de mine en une seule opération est plus délicat que le chargement actuel par cartouches introduites successivement.

Par contre, le chargement en une seule fois, imposé par l'amorçage au cordeau, présente l'avantage d'empêcher d'une façon absolue les mélanges d'explosif et de

charbon qui sont de nature à augmenter la température de détonation et qui paraissent avoir été la cause des décompositions fusantes observées à plusieurs reprises dans des mines du Gard.

Les essais de Lens ont fourni la preuve expérimentale que l'amorçage au cordeau assurait la détonation complète des explosifs Favier sous forme comprimée. Ce résultat était à peu près certain *a priori*, d'autant plus que nous avions vérifié dans des essais préalables que le cordeau au trinitrotoluène faisait détoner des cartouches séparées les unes des autres par des vides ou par des cartouches en terre, dispositif qui nous avait paru susceptible d'application dans les travaux d'abatage du charbon.

Quant à l'augmentation importante d'effet utile des explosifs, signalée par les Mines de Lens, elle était tout à fait inattendue, et nous avons cherché à savoir si le bénéfice de 20 p. 100 pouvait être considéré comme établi rigoureusement. L'évaluation du travail produit par un explosif présente en effet une très grande incertitude, quand les essais ne sont pas suffisamment prolongés.

D'après les renseignements obtenus, le chiffre de 20 p. 100 n'a pas été seulement déterminé dans quelques essais, mais contrôlé ensuite dans l'exploitation courante où les charges ont pu être réduites uniformément de 20 p. 100 sans diminution du travail produit. Pour effectuer commodément cette réduction de charge, on avait préparé des cartouches de 80 grammes (poids brut) de grisounite comprimée qu'on substituait sur les chantiers aux cartouches normales de 100 grammes (poids brut). Les expériences de contrôle ont porté sur plus de 200 kilogrammes d'explosif.

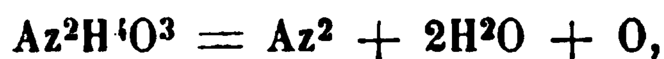
Les conclusions des Mines de Lens présentent donc de sérieuses garanties, et il faut admettre que l'emploi du cordeau augmente notablement le rendement de la grisounite Favier.

Cette augmentation ne peut s'expliquer par une combustion du cordeau dans l'excès d'oxygène de l'explosif, car on a vu que le cordeau fonctionne uniquement comme détonateur et non pas comme combustible supplémentaire. D'ailleurs cette combustion elle-même ne justifierait pas une augmentation de 20 p. 100.

L'accroissement de brisance procuré par l'emploi du cordeau n'explique pas non plus l'augmentation de rendement, car cet accroissement de brisance constitue plutôt un désavantage dans les terrains dont la dureté n'est pas très grande. Et, d'ailleurs, l'augmentation de brisance prévue d'après les propriétés du cordeau n'a pas été signalée dans les essais de Lens.

Pour expliquer un bénéfice notable sur le rendement de l'explosif, on est conduit à admettre que la grisounite Favier ne détone pas complètement avec l'amorçage ordinaire, même quand on ne remarque pas de culots au fond des trous, et que l'influence favorable du cordeau est due à une décomposition plus complète de l'explosif sous l'action d'un amorçage plus efficace.

Pour discuter la vraisemblance de cette hypothèse, il faut remarquer que la grisounite-couche Favier renferme 73 p. 100 de nitrate d'ammoniaque en *excédent* sur la quantité nécessaire pour brûler *complètement* la trinitronaphtaline. D'autre part, les essais mentionnés au chapitre II montrent que le nitrate d'ammoniaque ne cède que difficilement son oxygène, puisqu'il ne brûle pas le cordeau d'amorçage. Dès lors il est très admissible qu'une partie du nitrate d'ammoniaque de l'explosif Favier reste inaltérée ou du moins ne se décompose pas suivant la formule



$$Az^2H^4O^3 = Az^2 + 2H^2O + O,$$

admise pour le calcul des températures de détonation.

L'hypothèse d'une décomposition incomplète de la gri-

sounite Favier se concilierait très bien avec la formation fréquente des « culots » qui seraient alors une forme visible de la décomposition incomplète. De plus, elle fournirait une explication de la faiblesse des charges limites obtenues avec la grisounite Favier dans les stations d'essai des explosifs antigrisouteux, la basse température de détonation attribuée à cet explosif pouvant être dépassée dans un mode de décomposition s'éloignant de la formule théorique. Enfin elle ferait comprendre que les Mines de Lens n'aient pas signalé une augmentation très nette de la brisance dans les explosifs amorcés par le cordeau, la vivacité du cordeau ayant pu être compensée en partie par une augmentation de la lenteur de l'explosif lui-même, dont le mode de décomposition aurait été modifié.

Si l'hypothèse précédente était exacte, l'amorçage au cordeau présenterait un avantage considérable au point de vue de la sécurité : il régulariserait la décomposition de la grisounite Favier et la rapprocherait de la décomposition théorique à laquelle correspond la température de 1.500°.

En tout cas, abstraction faite de toute hypothèse, l'amorçage au cordeau permettrait une diminution appréciable des charges explosives, ce qui est un avantage au point de vue de la sécurité dans le grisou.

Cette diminution des charges compenserait en outre, en grande partie, les frais supplémentaires dus à l'emploi du cordeau et rendrait ce mode d'amorçage acceptable au point de vue économique.

On s'est borné, dans les essais pratiques, à étudier l'emploi de l'amorçage au cordeau avec les grisounites Favier susceptibles d'être moulées en cartouches comprimées et se prêtant ainsi d'une façon simple à la mise en œuvre du nouveau dispositif d'amorçage.

Nous croyons, toutefois, devoir signaler que l'amorçage

par cordeau pourrait s'appliquer aux grisoutines à base de nitroglycérine avec la modification suivante : l'amorçage serait latéral, le cordeau étant disposé à l'intérieur du trou de mine, appuyé contre la paroi et dépassant le trou de quelques centimètres. Les cartouches seraient introduites une à une à côté du cordeau et tassées à la façon ordinaire.

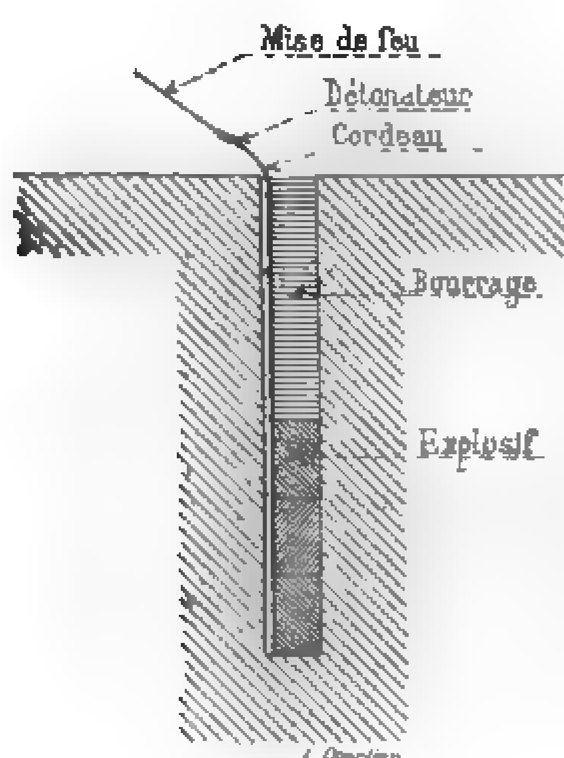


FIG. 3.

Le bourrage serait effectué sans introduction de détonateur dans la charge et on amorcerait l'extrémité du cordeau à l'extérieur du trou de mine (il suffirait, pour assurer la détonation complète des grisoutines, d'un cordeau de $4^{mm},5$ à 5 millimètres de diamètre extérieur). Le système (*fig.* 3) deviendrait ainsi une combinaison de l'amorçage au cordeau sur toute la longueur de la charge avec le dispositif d'amorçage par cordeau extérieur imaginé autrefois par la Commission des Substances explosives.

Au point de vue du grisou, il ne semble pas qu'un tel dispositif doive être rejeté *a priori* : les essais effectués

à Frameries sur des cordeaux de faible diamètre ont montré en effet que ces artifices, même sous de grandes longueurs, n'enflamment pas le grisou. Les détonateurs au fulminate sont, eux aussi, des artifices de sûreté et le raccord employé pour la réunion du détonateur au cordeau constitue une enveloppe supplémentaire qui augmente la sûreté de l'ensemble.

Toutefois ce dispositif, qui conduit à placer un détonateur et une petite longueur de cordeau dans le mélange grisouteux lui-même, ne pourrait être admis qu'après des essais nombreux, et nous nous bornons à l'indiquer, comme étant de nature à augmenter beaucoup la sécurité générale des mineurs en permettant le réamorçage facile et sûr des coups ratés et en supprimant tout détonateur à l'intérieur de la charge sous le bourrage.

IV. — RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

L'amorçage par tube détonant au trinitrotoluène supprimerait la plupart des inconvénients reprochés aux explosifs de sûreté actuels (décompositions incomplètes, décompositions tardives, décompositions fusantes). Il permettrait de réduire de 20 p. 100 environ les charges de mine, ce qui augmenterait la sécurité et rendrait le système acceptable au point de vue économique.

Le mode de chargement imposé par cet amorçage rendrait impossibles les mélanges d'explosifs et de charbon signalés comme cause probable des décompositions anormales et des flambées de grisou observées dans des mines du Gard.

Ces avantages seraient obtenus sans augmentation de la température de détonation des explosifs, le cordeau fonctionnant uniquement comme détonateur et ne donnant pas lieu à des réactions secondaires. L'emploi du cordeau semble même de nature à régulariser le mode de décom-

position des explosifs de sûreté et à permettre d'obtenir plus sûrement la température de détonation théorique.

Le nouveau mode d'amorçage donnerait en outre des facilités spéciales pour la recherche de nouvelles compositions explosives destinées aux mines grisouteuses et poussiéreuses.

La seule modification provenant du cordeau et dont l'effet puisse ne pas être favorable à la sécurité est l'augmentation de brisance des explosifs. Mais il est possible que cette action soit compensée en partie par une décomposition plus complète du nitrate d'ammoniaque, et d'ailleurs rien ne prouve actuellement qu'une telle action soit défavorable à la sécurité dans le grisou et les poussières. Il s'agit donc d'un inconvénient tout à fait problématique, qui ne paraît pas de nature à contre-balancer les avantages certains énumérés précédemment.

Le nouvel amorçage paraît immédiatement réalisable avec les grisounites Favier mises sous forme de cartouches comprimées. Le cordeau au trinitrotoluène à employer devrait avoir environ 6 millimètres extérieurement. La longueur limite serait celle qui résulterait de la limitation de charge des explosifs de sûreté. On pourrait même, pour augmenter le coefficient de sécurité, imposer comme limite la longueur de $0^{m},70$ qui, dans un milieu grisouteux, sans aucun bourrage, n'a pas enflammé le grisou.

Avec les explosifs de sûreté à base de nitroglycérine, l'amorçage par cordeau ne semble pratique que combiné avec l'amorçage extérieur. Son adoption devrait être précédée d'essais plus nombreux que ceux qu'il nous a été donné de faire effectuer à titre de première indication.

Paris, le 3 mai 1907.

II. — RAPPORT SUR L'AMORÇAGE SYSTÈME LHEURE PRÉSENTÉ A LA COMMISSION DU GRISOU

Par M. G. CHESNEAU, Ingénieur en chef des Mines,
Secrétaire de la Commission du Grisou.

Par dépêche en date du 28 mai 1907, M. le Ministre des Travaux publics a transmis pour avis à la Commission du Grisou une note de M. Lheure, Ingénieur des Poudres et Salpêtres, sur l'amélioration de la sécurité dans les mines grisouteuses par l'emploi d'un nouveau dispositif d'amorçage des explosifs ; cette note a été communiquée à l'Administration des Travaux publics par lettre du 17 mai 1907 de M. le Ministre de la Guerre.

Le dispositif imaginé par M. Lheure consiste essentiellement à effectuer l'amorçage non plus en un point de la charge, mais sur toute sa longueur, en prolongeant le détonateur ordinaire par un tube ou cordeau détonant à enveloppe métallique. Ce tube, dont le principe a été indiqué autrefois par la Commission des Substances explosives, est à âme de trinitrotoluène et à enveloppe de plomb ; il peut être étiré à différents diamètres. Pour l'amorçage des explosifs usuels, on a adopté un tube de $5^{mm},5$ à 6 millimètres de diamètre extérieur et 4 millimètres environ de diamètre de l'âme explosive.

Au point de vue des avantages pour le tirage d'un explosif quelconque, d'une part ce cordeau présente une très grande sécurité dans les manipulations et la mise en œuvre, d'autre part, comme l'artifice détone avec une vitesse d'environ 6.000 mètres par seconde, il y a toujours ou détonation franche de l'explosif sur toute la longueur du cordeau, ou raté du cordeau au point d'intersection de l'amorce, mais jamais de décomposition fusante de la cartouche.

L'auteur a recherché si ce mode d'amorçage était de nature à augmenter la sécurité dans les mines grisouteuses, et ce sont les résultats de cette étude qui font l'objet de sa note.

Les produits fournis par la détonation du cordeau Lheure sont d'abord des parcelles de plomb provenant du déchiquetage de l'enveloppe, puis les produits de décomposition du trinitrotoluène qui, d'après les analyses du Dr Bichel, seraient ainsi formés :

CO^2	3,7 p. 100
CO	70,5
H	1,7
Az	19,9
C	4,2
Total	100,0

La température de détonation, calculée d'après ce mode de décomposition, est de 2.428°.

Cette température est supérieure à celle de l'inflammation du grisou ; mais il y a lieu de tenir compte de l'abaissement produit par le travail de désagrégation de l'enveloppe. Comme cet effet ne peut être calculé, M. Lheure l'a fait étudier expérimentalement à la station de Frameries, en faisant détoner des longueurs variées de cordeau dans une atmosphère explosive de grisou.

Avec un cordeau de 6 millimètres, on a eu une inflammation avec 2 mètres de longueur, pas d'inflammation avec $0^m,70$.

Avec un cordeau plus mince, de 4 millimètres, on n'a pas eu d'inflammation dans 8 essais faits avec des longueurs de $0^m,50$ à 9 mètres. Il y a eu inflammation avec un cordeau de 17 mètres formé de deux tronçons raccordés, dont un seul d'ailleurs a détoné. Il semble donc résulter de ces essais que le cordeau de 4 millimètres présente une sécurité suffisante pour l'emploi dans les mines grisou-

teuses, où une longueur d'environ 1 mètre sera toujours suffisante.

Comme le cordeau donne des produits comburants et que tous les explosifs de sûreté employés en France donnent un excès d'oxygène dans les produits de la combustion, il y a lieu de se préoccuper des réactions pouvant se produire pendant l'explosion ; ces réactions sont en effet susceptibles d'accroître la température de détonation s'il y a combustion du plomb, du carbone, de CO et H fournis par le cordeau. Avec les explosifs usuels, le cordeau représente environ 12 p. 100 du poids de la charge, dont 2 p. 100 en trinitrotoluène et 10 p. 100 en plomb. S'il n'y a aucune réaction entre les produits de décomposition de l'explosif et ceux du cordeau, la température de détonation n'est pas modifiée ; au contraire, s'il y a réaction totale, le calcul montre que, par exemple avec la grisoutine-couche Favier (à 4,5 p. 100 de trinitronaphtaline), il y a un accroissement d'environ 300° de la température de détonation ; par conséquent, selon que les choses se passent suivant l'un ou l'autre des deux cas limites, l'amorçage par cordeau modifie ou non du tout au tout la sécurité de l'explosif. De plus, ce mode d'amorçage augmente certainement la brisance de l'explosif sans qu'on puisse déterminer théoriquement si cet effet est nuisible ou favorable en présence du grisou.

L'expérience seule pourrait trancher la question et, pour être concluants, les essais devraient déterminer pour un grand nombre d'explosifs de sûreté la charge limite dans le grisou, avec ou sans amorçage au cordeau. Faute des installations nécessaires pour ces essais, l'auteur a dû se contenter d'étudier les produits de décomposition d'explosifs amorcés avec son cordeau, en trous de mine forés dans des terrains argileux. Avec des cartouches de nitrate d'ammoniaque pur, que le cordeau fait parfaitement détoner, on a retrouvé sur les parois du

globe le carbone intact du trinitrotoluène du cordeau. Au contraire, avec des explosifs au chlorate de potasse (95 p. 100 de ClO^3K et 5 p. 100 de glycérine, correspondant à une température de détonation de 1.500° avec excès d'oxygène), on a retrouvé sur les parois du globe des taches d'oxyde de plomb et pas de charbon. Il semble donc qu'on ait ainsi réalisé les deux cas limites; en particulier avec les explosifs au nitrate d'ammoniaque, il paraît ne se produire aucune réaction entre les produits du cordeau et l'oxygène disponible de l'explosif, et l'auteur en conclut, avec beaucoup de probabilité, que l'amorçage au cordeau ne modifierait pas la température de détonation des explosifs de sûreté au nitrate d'ammoniaque employés en France.

Ce point acquis, il y aurait donc à prévoir dans l'emploi du nouvel amorçage pour les explosifs de sûreté les avantages suivants :

Détonation assurée de toute la charge explosive, quelle que soit sa longueur;

Suppression certaine des culots et de la projection dans les déblais d'explosifs non détonés ;

Impossibilité de décompositions anormales (tardives ou fusantes);

Possibilité de faire détoner correctement en trous de mine certains mélanges à haute sûreté dans le grisou, laissés de côté jusqu'ici par suite d'une aptitude insuffisante à la détonation ou d'une propagation trop lente de la détonation, le nitrate d'ammoniaque pur par exemple, qui, ainsi amorcé, donne un rendement comparable à celui des grisounites.

Des essais pratiques ont été effectués à la demande de l'auteur par la Compagnie des Mines de Lens, au moyen de grisounite-couche Favier comprimée en cartouches percées d'un canal axial pour le passage du cordeau. Les prévisions précédentes ont été réalisées d'une façon com-

plète, et les essais ont, en outre, donné les résultats suivants, tout à fait inattendus et d'une haute importance pratique :

1° Les charges d'explosifs Favier ont pu être réduites de 20 p. 100, tout en donnant le même travail utile ;

2° On a pu remplacer, sans qu'il y ait diminution de rendement, la poudre Favier B, qui n'est pas antigrisouteuse, par de la poudre Favier-couche à température de détonation inférieure à 1.500°, et cela avec une réduction de 20 p. 100 sur le poids de l'explosif.

Ces essais ayant porté sur plus de 200 kilogrammes d'explosif, les conclusions des Mines de Lens présentent donc de sérieuses garanties. L'accroissement d'effet utile est attribué par M. Lheure à ce que, avec l'amorçage ordinaire, la détonation n'est pas complète, même quand on ne retrouve pas de culots au fond des trous de mine. Nous partageons cette manière de voir, que nous avons eu l'occasion de développer ailleurs (*Annales des Mines*, octobre 1905), pour expliquer certaines discordances relevées dans les essais de Frameries. Cet accroissement d'effet utile compenserait, en tout cas, les frais supplémentaires dus à l'emploi du cordeau.

Ces premiers résultats montrent le grand intérêt du nouveau mode d'amorçage préconisé par M. Lheure. Dès à présent, en raison de la suppression certaine des culots et des ratés, de l'accroissement de rendement et de l'emploi possible de nouvelles substances explosives, il semble qu'il y ait un avantage réel à l'appliquer dans le tirage des coups de mine dans les mines non grisouteuses et dans les carrières et, à cet égard, nous sommes d'avis qu'il y a lieu de porter à la connaissance des exploitants de mines et carrières l'amorçage Lheure, en publiant sa note dans les *Annales des Mines*.

En ce qui concerne les exploitations grisouteuses, on ne peut se prononcer encore et la possibilité de l'emploi

de l'amorçage Lheure dans le grisou ne pourra être envisagée qu'après que des expériences nombreuses auront été faites en vue de déterminer si la charge limite des explosifs de sûreté est affectée par cet amorçage.

Nous sommes en conséquence d'avis qu'il y a lieu pour M. le Ministre des Travaux publics :

1° De demander à la station d'essais de Liévin de faire exécuter des expériences ayant pour but de déterminer dans quelle mesure le nouveau mode d'amorçage par cordeau Lheure influe sur la charge limite des différents explosifs de sûreté ;

2° En attendant le résultat de ces essais, qui seuls pourront trancher la question de l'emploi de cet amorçage dans les exploitations grisouteuses, de vouloir bien, après entente avec son collègue de la Guerre, prescrire dès à présent l'insertion aux *Annales des Mines* de la note de M. Lheure, suivie de l'avis de la Commission du Grisou.

III. — AVIS DE LA COMMISSION DU GRISOU.

La Commission, délibérant en section, adopte les conclusions du Rapporteur.

Paris, le 22 juin 1907.

L'Inspecteur Général des Mines,
Président de la Commission du Grisou,
Signé : L. AGUILLON.

L'Ingénieur en Chef des Mines,
Secrétaire de la Commission,
Signé : G. CHESNEAU.

COMPENSATION D'UNE TRIANGULATION

Par M. PELLETAN, Ingénieur en chef des Mines,
Sous-Directeur de l'École Nationale Supérieure des Mines.

§ 1. Quand on a mesuré les angles d'un réseau, il existe des relations nécessaires entre les quantités observées; par exemple, la somme des angles de chaque triangle doit être égale à deux droits ; pour amener les mesures à satisfaire à ces conditions, on doit leur appliquer certaines corrections que l'on détermine par la méthode des moindres carrés : c'est ce que l'on appelle la compensation ; elle n'a pas seulement pour but de faire cadrer entre elles les valeurs des divers éléments qui doivent figurer dans le calcul, elle est surtout destinée à augmenter la précision des résultats. Toute relation entre les quantités observées équivaut en effet à un certain nombre de mesures. Supposons par exemple que, dans un triangle, nous ayons mesuré les trois angles d'un triangle, A, B, C. Leur somme doit être égale à deux droits. Le premier d'entre eux est déterminé directement par l'observation A, et indirectement parce qu'il doit être égal à $\varpi - B - C$. On démontre par le calcul des probabilités que le poids de la détermination indirecte est la moitié du poids de l'observation directe. Soit P et P_1 ces poids, la valeur la plus probable de l'angle est donnée par la formule :

$$\frac{PA + P_1(\varpi - B - C)}{P + P_1} = A + \frac{\varpi - A - B - C}{3}.$$

Le poids de ce résultat est une fois et demie supérieur

à celui de l'observation directe. De même pour les autres angles ; on voit donc que, par un calcul très simple, on a sensiblement augmenté la précision.

La méthode classique de compensation conduit à des équations linéaires ; il semble donc que la question soit épuisée et qu'il n'y ait pas lieu à de nouvelles recherches; quoi de plus simple en apparence que des équations de premier degré ? En réalité, la résolution d'un pareil système, pour peu que le nombre des inconnues soit élevé, est un travail démesurément long et pénible devant lequel reculent les plus intrépides calculateurs. Si nous avons affaire à un réseau de dix points, ce qui n'a rien d'excessif pour une triangulation topographique, et qu'il soit complet, c'est-à-dire que chaque sommet soit directement relié à tous les autres, nous relèverons en chaque point neuf directions ; pour compenser les mesures, les règles suivies jusqu'ici conduisent à un système de 64 équations à 64 inconnues. Certainement un pareil calcul est pratiquement impossible, ou si on l'entreprenait, la bonification qui en résulterait pour les mesures ne serait pas en rapport avec le temps et la peine que dépenserait le calculateur. Aussi la compensation n'est-elle guère en honneur ; très peu de topographes l'appliquent et seulement dans des cas restreints.

Un autre inconvénient de la méthode classique, c'est qu'elle ne donne pas de règle pour former les équations de condition ; elle laisse à l'opérateur le soin de les trouver, ce qui est un problème de géométrie extrêmement délicat; on est exposé à écrire plusieurs fois la même condition sans s'en apercevoir ; et alors les formules sont indéterminées ; si bien qu'à la fin d'un calcul démesurément long, on risque d'arriver à des résultats illusoires.

Ces considérations nous ont conduit à chercher une méthode d'approximation successive, qui, sans s'écarter des règles rigoureuses du calcul des probabilités, permît

de réduire progressivement la somme des carrés des écarts, et d'obtenir pour des inconnues des valeurs aussi approchées que l'on voudra de celles qui donnent le minimum, sans se livrer à un travail trop pénible ni trop prolongé.

§ 2. **Distinction entre les conditions aux angles et les conditions aux côtés.** — Qu'est-ce que les *conditions aux angles?* Quand on veut calculer l'azimut d'un côté quelconque, (3-2) par exemple, en le rapportant à celui de la base (4-5), on le détermine par un cheminement : puisque nous connaissons l'angle (1-4-5) par les mesures effectuées au sommet (4), nous pouvons déduire l'azimut de (4-1) de celui de (4-5). Nous déduisons de même l'azimut de (1-3) de celui de (4-1) et enfin celui de (3-2) de celui de (1-3). Mais nous aurions pu suivre une autre route, par exemple le contour (4-5-2-3). Trouverons-nous le même résultat? Non. En raison des erreurs d'observation, nous ne retombons pas chaque fois sur des valeurs identiques de l'azimut cherché. La *compensation des angles* a pour but de corriger les mesures, de façon que le résultat du calcul soit indépendant du contour suivi.

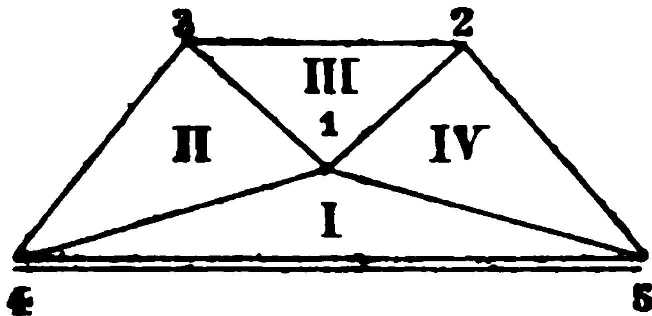


Fig. 1.

Qu'est-ce maintenant que les *conditions aux côtés ?* Quand nous avons exprimé que les diverses lignes de notre triangulation ont des azimuts bien déterminés, cela ne suffit pas pour que le réseau puisse être construit avec des éléments ainsi obtenus. En effet, soit AB notre base, menons en A et B deux droites ayant les azimuts calculés pour les directions AC, BC, puis par A, B et C d'autres droites ayant les azimuts calculés pour les directions AD, BD et CD. Ces trois dernières lignes ne se cou-

peront pas nécessairement au même point, mais en des points voisins D_1, D_2 et D_3. Il y a donc lieu de corriger les observations de façon que D_1, D_2 et D_3 se confondent.

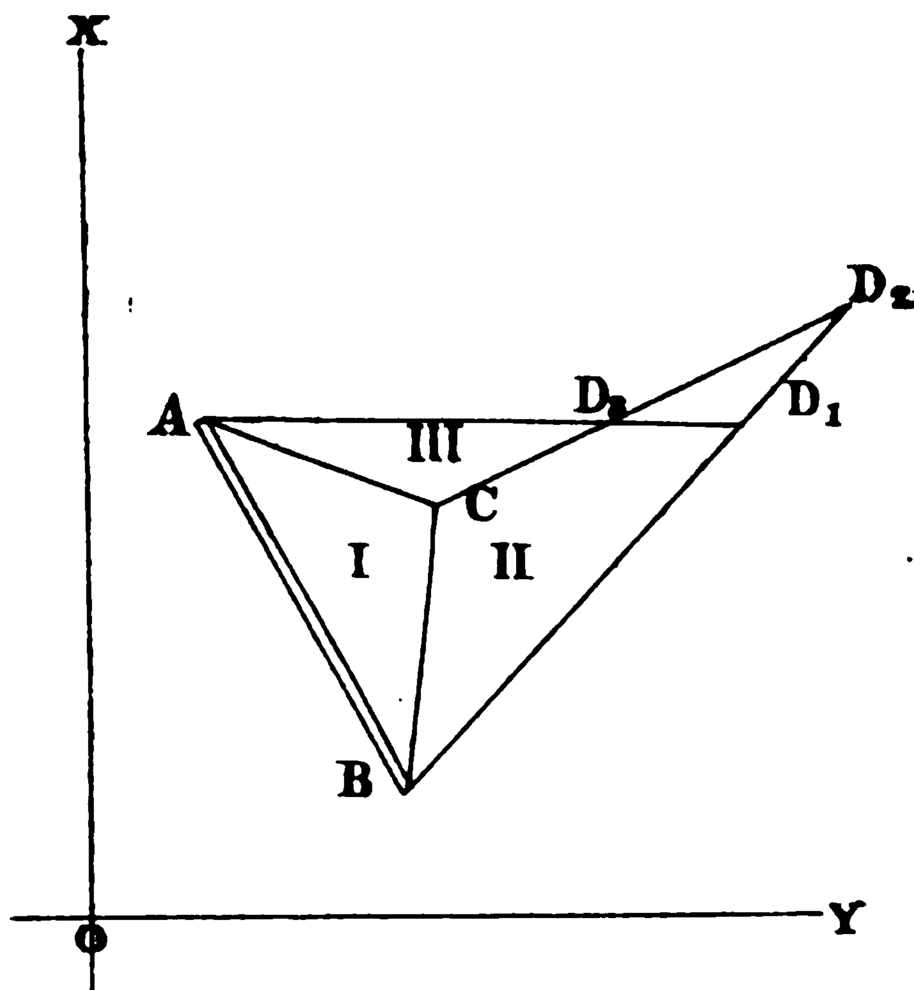


Fig. 2.

Déterminons le côté CD commun aux triangles II et III; nous pouvons procéder de deux manières distinctes : résolvons d'abord le triangle I dans lequel nous connaissons un côté (la base AB) et les angles. Nous en déduisons la longueur CB. Puis, nous résolvons le triangle II dans lequel nous connaissons un côté et les angles, et nous avons ainsi la valeur de CD_2. En résolvant I et III, nous obtiendrons CD_3 ; CD_2 doit être égal à CD_3, et alors les trois points D_1, D_2 et D_3 seront confondus. On appelle les conditions de cette nature conditions *aux côtés*, parce qu'on y satisfait en exprimant que, dans le calcul de la longueur d'un côté commun à deux triangles adjacents, comme CD, le résultat est le même, qu'on opère avec les éléments de l'un ou de l'autre triangle.

On peut appeler aussi ces conditions, conditions aux coordonnées, parce que, si elles sont satisfaites, les coordonnées de chaque sommet sont bien définies, tandis qu'elles ne le sont pas dans le cas contraire.

§ 3. **Recherche du minimum d'une fonction par approximations successives.** — Soit d'abord une fonction de deux variables seulement, dont nous voulons avoir le minimum :

$$z = \varphi(x, y).$$

Soit x_0, y_0 une valeur initiale plus ou moins approchée de celle pour laquelle le minimum a lieu. Construisons la sur-

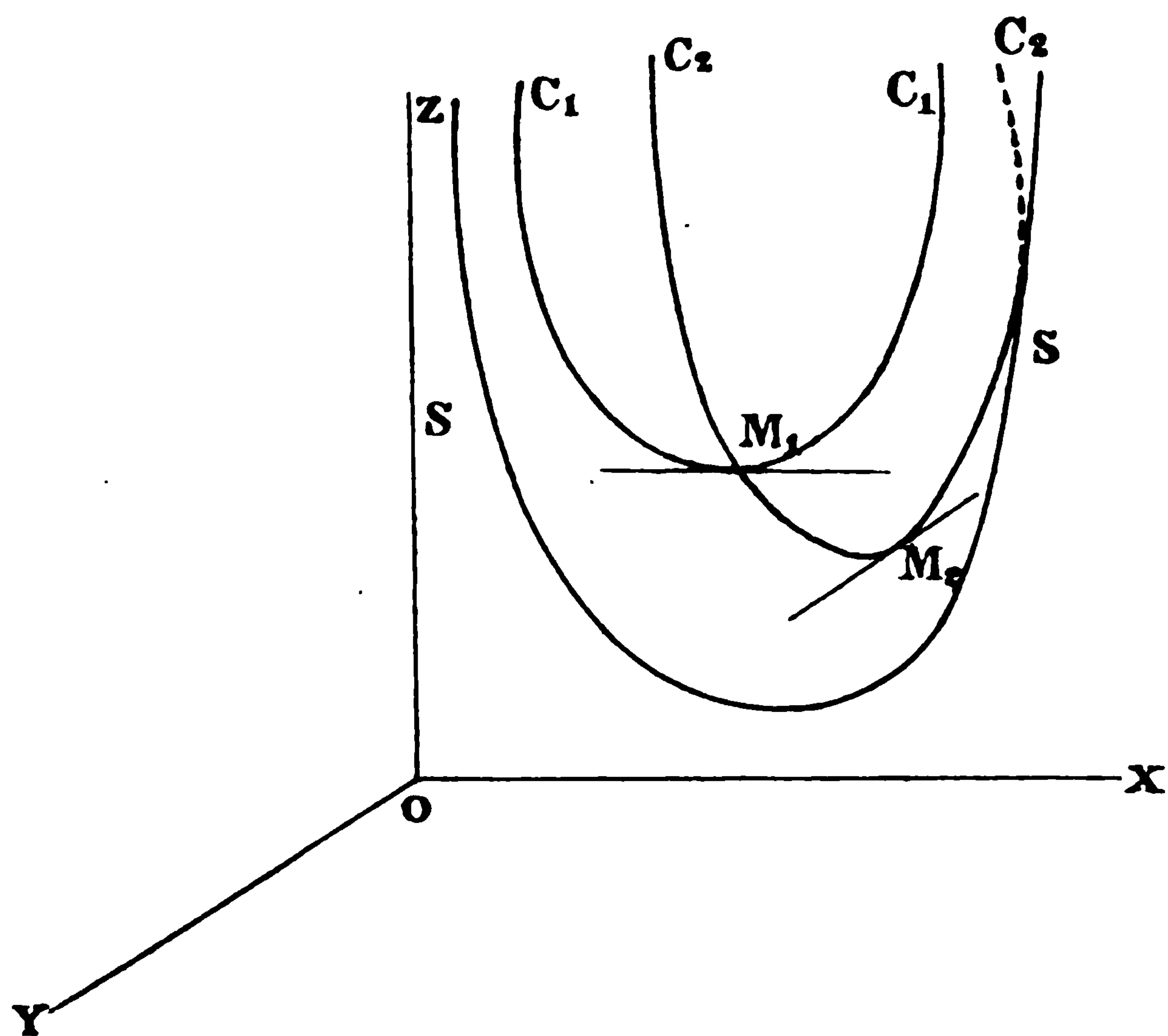


Fig. 3.

face représentée par l'équation ci-dessus, et coupons-la par le plan $y = y_0$. Nous obtenons une certaine courbe C_1C_1. Cherchons le point le plus bas de cette ligne ;

nous l'obtenons en résolvant l'équation en x :

$$\frac{\partial}{\partial x} \varphi(x, y_0) = 0.$$

Nous obtenons ainsi une certaine abscisse x_1, qui nous détermine un point M_1. Coupons maintenant par le plan $x = x_1$. Nous formons dans la surface une nouvelle section C_2C_2, qui est tangente en M_1 à une ligne de plus grande pente de S. Pour avoir le point M_2, le plus bas de cette dernière ligne, nous écrirons :

$$\frac{\partial}{\partial y} \varphi(x_1, y) = 0.$$

Nous en déduisons une certaine valeur y_2 de l'ordonnée; coupons maintenant par le plan $y = y_2$, et ainsi de suite; il est clair que les points $M_1, M_2, M_3, \ldots$, se rapprochent de plus en plus de celui pour lequel le minimum a lieu.

Ce que nous venons de dire pour une fonction de deux quantités s'applique aux fonctions d'un nombre de quantités quelconques. Soit une fonction de variables indépendantes $x, x', x'', \ldots, y, y', y'', \ldots, z, z', z'', \ldots$

$$\varphi(x, x', x'' \ldots, y, y', y'' \ldots, z, z', z'' \ldots).$$

Nous voulons en trouver le minimum. Attribuons aux y et aux z des valeurs constantes $y_0, y_0', y_0'', \ldots, z_0, z_0', z_0''$, et faisons varier seulement les x. Calculons les valeurs $x_1, x_1', x_1'', \ldots$, pour lesquelles le minimum a lieu; puis laissons les z et les x constantes et faisons varier les y; nous en déduirons pour ces dernières de nouvelles valeurs $y_2, y_2', y_2'', \ldots$ Puis nous ferons varier seulement les z et en déduirons pour celles-ci des valeurs $z_3, z_3', z_3'', \ldots$ Nous pouvons alors réitérer les mêmes opérations, faire de nouveau varier les x seulement, puis les y et les z, et ainsi de suite. Nous approcherons de plus en plus des valeurs cherchées.

§ 4. **D'une forme particulière d'équations linéaires.** — Soit α, β, ..., λ des inconnues : considérons un système d'équation de la forme :

$$(1) \begin{cases} \alpha[K_{\alpha\beta} + K_{\alpha\gamma} + \dots + K_{\alpha\lambda}] = U_\alpha + \beta K_{\alpha\beta} + \gamma K_{\alpha\gamma} + \dots + \lambda K_{\alpha\lambda} \\ \beta[K_{\beta\gamma} + K_{\beta\delta} + \dots + K_{\beta\alpha}] = U_\beta + \gamma K_{\beta\gamma} + \delta K_{\beta\delta} + \dots + \alpha K_{\beta\alpha} \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \lambda[K_{\lambda\alpha} + K\lambda_{\beta\alpha} + \dots + K_{\lambda x}] = U_\lambda + \alpha K_{\lambda\alpha} + \beta K_{\lambda\beta} \dots + x K_{\lambda x}. \end{cases}$$

équation que nous écrirons pour abréger :

$$(2) \begin{cases} \alpha\Sigma K_{\alpha\xi} = U_\alpha + \Sigma\xi K_{\alpha\xi} \\ \beta\Sigma K_{\beta\xi} = U_\beta + \Sigma\xi K_{\beta\xi} \\ \dots\dots\dots \\ \lambda\Sigma K_{\lambda\xi} = U_\lambda + \Sigma\xi K_{\xi x}. \end{cases}$$

(On remplace, dans les diverses sommes, ξ par chacune des inconnues, à l'exception de celle qui figure dans le premier membre, et on ajoute les termes ainsi obtenus.)

Nous ferons les hypothèses suivantes :

1° Les valeurs de K ne changent pas quand on permute les indices ; ainsi :

$$K_{\alpha\beta} = K_{\beta\alpha} ;$$

2° Tous les coefficients sont positifs ou nuls. Si quelques-uns sont nuls, certaines variables manquent dans certaines équations ;

3° La somme des termes indépendants $U_\alpha + U_\beta + \dots + U_\lambda$ est égale à zéro.

On remarquera que le système (1) est indéterminé ; car, si on ajoute toutes les équations membre à membre, on obtient une identité. Il y a donc une infinité de systèmes de solutions ; si l'on en connaît un, on obtient tous les autres en ajoutant la même constante à chaque inconnue. Cette constante peut être déterminée par la condition que l'une des variables ait une valeur donnée à l'avance.

Nos équations peuvent se résoudre par une méthode

d'approximations successives; posons :

$$(3)\quad \begin{cases} \alpha = \dfrac{U_\alpha}{\Sigma K_{\alpha\xi}} + \alpha' \\ \beta = \dfrac{U_\beta}{\Sigma K_{\beta\xi}} + \beta' \\ \cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot \\ \lambda = \dfrac{U_\gamma}{\Sigma K_{\lambda\xi}} + \lambda'. \end{cases}$$

En substituant ces valeurs dans les équations (2), nous obtenons un groupe de même forme :

$$(4)\quad \begin{cases} \alpha'\Sigma K_{\alpha\xi} = U'_\alpha + \Sigma'\xi' K_{\alpha\xi} \\ \beta'\Sigma K_{\beta\xi} = U'_\beta + \Sigma'\xi' K_{\beta\xi} \\ \cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot \\ \lambda'\Sigma_{\lambda\xi} = U'_\lambda + \Sigma'\xi' K_{\lambda\xi}. \end{cases}$$

En posant :

$$(5)\quad \begin{cases} U'_\alpha = \dfrac{U_\beta}{\Sigma K_{\beta\xi}} K_{\alpha\beta} + \ldots + \dfrac{U_\lambda}{\Sigma K_{\lambda\xi}} K_{\alpha\lambda} \\ U'_\beta = \dfrac{U_\lambda}{\Sigma K_{\lambda\xi}} K_{\beta\gamma} + \ldots + \dfrac{U_\alpha}{\Sigma K_{\alpha\xi}} K_{\beta\alpha} \\ \cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;\cdot \\ U'_\lambda = \dfrac{U_\alpha}{\Sigma K_{\alpha\xi}} K_{\lambda\alpha} + \ldots + \dfrac{U_\kappa}{\Sigma K_{\kappa\xi}} K_{\lambda\kappa}. \end{cases}$$

Ajoutons toutes les équations (5) membre à membre; on reconnaît facilement que la somme des coefficients de chacune des quantités U_α, U_β, ..., U_λ est égale à l'unité. Donc :

$$\Sigma U' = \Sigma U.$$

Or, la somme des termes indépendants est nulle dans les équations (2), donc elle l'est également dans les équations (4).

Je dis maintenant que la somme des valeurs absolues des U' est plus petite que la somme des valeurs absolues des U. Désignons par $[U_\alpha]$, $[U_\beta]$, ..., $[U_\lambda]$, $[U'_\alpha]$, $[U'_\beta]$, ..., $[U'_\lambda]$,

ces valeurs absolues. Considérons les équations (2) et (4), et remplaçons-y les U et U' par [U] et [U'].

$$(6)\quad \begin{cases} \alpha\Sigma K_{\alpha\xi} = [U_\alpha] + \Sigma\xi K_{\alpha\xi} \\ \beta\Sigma K_{\beta\xi} = [U_\beta] + \Sigma\xi K_{\beta\xi} \\ \cdots\cdots\cdots \\ \lambda\Sigma K_{\lambda\xi} = [U_\lambda] + \Sigma\xi K_{\lambda\xi}. \end{cases}$$

$$(7)\quad \begin{cases} \alpha'\Sigma K_{\alpha\xi} = [U'_\alpha] + \Sigma\xi K_{\alpha\xi} \\ \beta'\Sigma K_{\beta\xi} = [U'_\beta] + \Sigma\xi K_{\beta\xi} \\ \cdots\cdots\cdots \\ \lambda'\Sigma K_{\lambda\xi} = [U'_\lambda] + \Sigma\xi K_{\lambda\xi}. \end{cases}$$

Les [U'] sont liés aux [U] par les relations :

$$(8)\quad \begin{cases} [U'_\alpha] = \dfrac{[U_\beta]}{\Sigma K_{\beta\xi}} K_{\alpha\beta} + \dots + \dfrac{[U_\alpha]}{\Sigma K_{\lambda\xi}} K_{\alpha\lambda} \\ [U'_\beta] = \dfrac{[U_\gamma]}{\Sigma K_{\gamma\xi}} K_{\beta\gamma} + \dots + \dfrac{[U_\alpha]}{\Sigma K_{\alpha\xi}} K_{\beta\alpha} \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \\ [U'_\lambda] = \dfrac{[U_\alpha]}{\Sigma K_{\alpha\xi}} K_{\lambda\alpha} + \dots + \dfrac{[U_\chi]}{\Sigma K_{\xi\chi}} K_{\lambda\chi}. \end{cases}$$

Nous trouvons comme plus haut :

$$\Sigma[U'] = \Sigma[U].$$

Rendons maintenant leurs signes aux [U] qui figurent dans les équations (8). Nous remplaçons des termes tous positifs par d'autres égaux en valeurs absolues, mais dont les uns sont positifs et les autres négatifs. Les seconds membres diminuent donc de valeur absolue, et par suite :

$$\Sigma[U'] < \Sigma[U].$$

Le calcul des probabilités nous permet de déterminer sans difficulté la valeur la plus probable du rapport de convergence :

$$\frac{\Sigma[U']}{\Sigma[U]}.$$

Cette valeur est :

$$(9)\qquad \frac{\sqrt{\Sigma K^2_{\alpha\xi}} + \sqrt{\Sigma K^2_{\beta\xi}} + \sqrt{\Sigma K^2_{\lambda\xi}}}{\Sigma K_{\alpha\xi} + \Sigma K_{\beta\xi} + \ldots + \Sigma K_{\lambda\xi}}.$$

Opérons maintenant de nouvelles substitutions en posant :

$$(10)\qquad \left\{\begin{aligned} \alpha' &= \frac{U'_\alpha}{\Sigma K_{\alpha\xi}} + \alpha'' \\ \beta' &= \frac{U'_\beta}{\Sigma K_{\beta\xi}} + \beta'' \\ &\ldots\ldots\ldots \\ \lambda' &= \frac{U'_\lambda}{\Sigma K_{\lambda\xi}} + \lambda''. \end{aligned}\right.$$

Nous trouverons encore des équations de même forme ; la somme des termes indépendants $U''_\alpha + U''_\beta, \ldots, U''_\lambda$ sera toujours nulle, et la somme de leurs valeurs arithmétiques sera moindre que celle des $[U']$. Si on réitère ces opérations, puisque cette dernière somme de termes tous positifs tend vers zéro, chacun de ses éléments tend séparément aussi vers zéro ; formons les séries :

$$(11)\qquad \begin{aligned} &\frac{1}{\Sigma k_{\alpha\xi}}[U_\alpha + U'_\alpha + U''_\alpha + \ldots] \\ &\frac{1}{\Sigma k_{\beta\xi}}[U_\beta + U'_\beta + U''_\beta + \ldots] \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ &\frac{1}{\Sigma k_{\lambda\xi}}[U_\lambda + U'_\lambda + U''_\lambda + \ldots]. \end{aligned}$$

Ces séries seront convergentes, et leur convergence sera d'autant plus forte d'après la formule (9) que les termes qui figurent au second membre seront plus nombreux. Leurs limites représentent les valeurs des inconnues.

§ 5. **Notations.** — Nous ferons station en chaque som-

met et nous accomplirons un ou plusieurs tours d'horizon, c'est-à-dire que nous lirons les angles azimutaux relatifs à chacun des côtés qui aboutissent au point de station ;

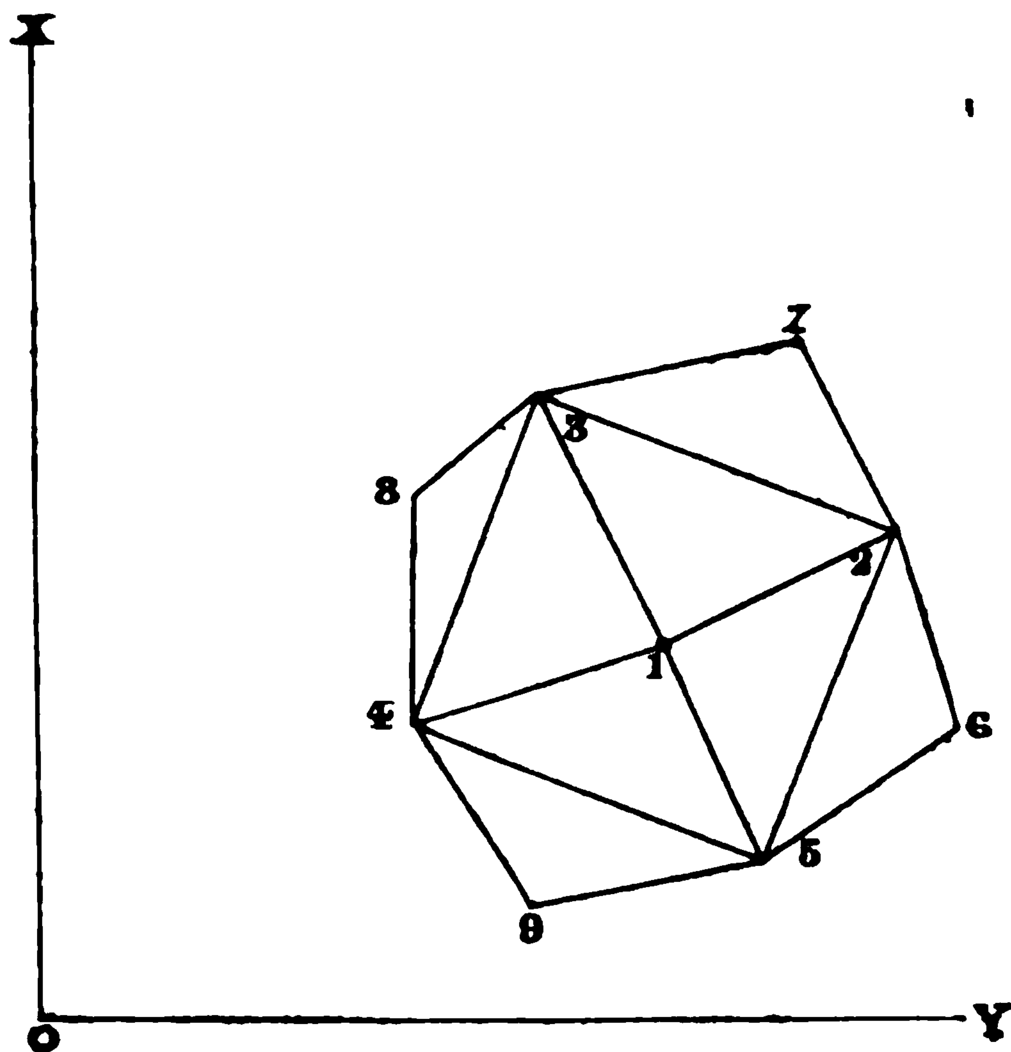


Fig. 4.

ainsi en (1) nous lirons les angles azimutaux des directions (1,2), (1,3), (1,4), (1,5). Nous prendrons la moyenne des observations relatives à chaque côté. Nous supposerons que le nombre des lectures ait été le même en chaque sommet et pour chaque direction ; les poids de tous nos angles azimutaux sont alors égaux ; — s'il n'en était pas ainsi, nos formules changeraient ; on devrait attribuer à chaque moyenne un poids égal au nombre d'observations dont elle est la résultante. Nous supposerons provisoirement, pour simplifier les écritures, que tous les poids sont égaux, et nous indiquerons ultérieurement comment les équations doivent être modifiées dans le cas contraire.

Les angles azimutaux observés en (1) se trouvent rap-

portés à une certaine direction dont l'orientation est inconnue; c'est celle de la ligne 0 — 200^G du limbe horizontal du théodolite, et que l'on appelle la ***ligne de foi***.

Les azimuts absolus sont rapportés à une direction commune OX. Provisoirement nous la laisserons arbitraire et ne supposerons pas qu'elle soit nécessairement orientée. L'azimut d'une ligne de notre réseau sera défini de la manière suivante : la direction de chaque côté sera prise dans le sens où l'on s'éloigne de l'axe des x. Ainsi la direction de (1,2) est considérée comme positive en allant de 1 vers 2. L'azimut est compté en tournant dans le sens direct de OX vers (1,2).

Pour les angles azimutaux observés aux diverses stations, la direction de chaque côté sera prise dans le même sens. Ainsi, au point (1), l'angle azimutal dont on fera usage sera l'angle de la direction (1,2) prise de 1 vers 2, avec la ligne de foi du point (1). En (2) l'angle azimutal qui entrera dans les formules sera l'angle formé par le prolongement de (1,2), pris toujours dans la direction de (1) vers (2) avec la ligne de foi du point (2).

L'azimut absolu d'un côté (pq) sera représenté par le symbole A_{pq}. La longueur du même côté par L_{pq}. Il est évident que les indices peuvent se permuter :

$$A_{pq} = A_{qp}$$
$$L_{pq} = L_{qp}.$$

L'azimut de la ligne de foi en un sommet (p) sera désigné par le symbole P_p ; la moyenne des angles azimutaux observés au point (p) sur une direction ($p.q$) sera représentée par α_{pq}. On remarquera que α_{pq} et α_{qp} ont des valeurs très différentes, puisque ces angles sont comptés à partir de lignes de foi distinctes.

§ 6. Recherche des valeurs des inconnues qui rendent minima la somme des carrés des corrections. — Quand nous adoptons pour les azimuts des côtés et des lignes de foi des valeurs déterminées, il en résulte des valeurs également déterminées pour les angles azimutaux comptés à partir de chaque ligne de foi. Par exemple, si j'adopte au point (1) la valeur P_1 pour l'azimut de la ligne de foi, et la valeur $A_{1.2}$ pour celui du côté (1.2), je substitue à l'angle observé α_{12} la valeur $A_{1.2} - P_1$. Je fais donc subir en fait à α_{12} la correction :

$$[A_{1.2} - P_1 - \alpha_{1.2}].$$

On déterminera les inconnues par la condition que la somme des carrés de ces écarts soit minima.

Si nous voulions traiter le problème d'une seule fois et en bloc, nous prendrions pour inconnues les coordonnées des divers sommets X_1Y_1, X_2Y_2, ..., X_iY_i, et les azimuts des lignes de foi. L'azimut d'un côté (p, q) serait alors arc tang $\frac{Y_q - Y_p}{X_q - X_p}$; l'angle azimutal relatif au point p serait arc tang $\frac{Y_q - Y_p}{X_q - X_p} - P_p$, et nous aurions à rendre minima la somme

$$(12) \qquad \Sigma\left[\left(\text{arc tang}\,\frac{Y_q - Y_p}{X_q - X_p} - P_p\right) - \alpha_{pq}\right]^2.$$

Le problème peut être traité par cette méthode ; elle nous conduirait à la résolution d'équations linéaires assez compliquées. Mais, d'après ce que nous avons exposé au paragraphe 3, nous pouvons procéder par approximations successives ; nous exécuterons trois séries d'opérations : 1° nous considérerons d'abord comme uniques inconnues les azimuts des lignes de foi, les quantités P. Nous chercherons quelles sont les valeurs qui rendent minima la somme des carrés des corrections ; nous adopte-

rons provisoirement ces valeurs comme bonnes ; 2° nous ferons maintenant varier les abscisses seulement : en les choisissant convenablement, nous réduisons encore la somme (12). Nous adopterons provisoirement les abscisses ainsi calculées ; 3° nous ferons varier maintenant seulement les ordonnées, et les déterminons de façon que la somme (12) soit minima.

A chaque opération nous réduisons la somme des carrés des écarts, et, par suite, nous augmentons la précision. On pourrait s'en tenir à ces trois premières opérations, et on aurait déjà une bonification importante des mesures ; mais, si l'on veut obtenir une plus grande précision, on peut réitérer les calculs. Voici comment nous procéderons :

Prenons pour bons les azimuts qui résultent pour les côtés de nos trois premières opérations, et déduisons-en les azimuts les plus probables des lignes de foi ; formons une nouvelle équation aux abscisses, une nouvelle équation aux ordonnées, et résolvons-les ; à chaque nouvelle opération nous réduisons la somme des carrés des écarts et approchons du but. Nous répéterons cette triple opération tant que les corrections que nous obtiendrons par nos inconnues auront une valeur appréciable.

Pour éliminer du calcul la fonction transcendante

$$\text{arc tang} \frac{Y_q - Y_p}{X_q - X_p},$$

voici comment on procède. On résoudra la triangulation sans faire de compensation et on obtiendra des valeurs approchées des coordonnées $X_1 X_2 \ldots X_i$, $Y_1 Y_2 \ldots Y_i$: on en conclura des azimuts $B_{pq} = \text{arc tang} \frac{Y_q - Y_p}{X_q - X_p}$. Si maintenant on donne à X_p, X_q, Y_p, Y_q des accroissements δX_p, δX_q, δY_p, δY_q, l'accroissement qui en résultera pour B_{pq} peut

se développer par la série de Taylor ; on se bornera aux termes du premier degré en δX_p, δX_q, δY_p, δY_q :

$$\delta B_{pq} = -\frac{Y_q - Y_p}{(X_q - X_p)^2 + (Y_q - Y_p)^2}(\delta X_q - \delta X_p)$$
$$+\frac{X_q - X_p}{(X_q - X_p)^2 + (Y_q - Y_p)^2}(\delta Y_q - \delta Y_p).$$

Si l'on ne fait varier que les abscisses, l'accroissement se réduira au premier de ces termes, et au second si l'on ne fait varier que les ordonnées. L'azimut est alors représenté par l'une des expressions :

$$B_{pq} - \frac{Y_q - Y_p}{(X_q - X_p)^2 + (Y_q - Y_p)^2}(\delta X_q - \delta X_p).$$
$$B_{pq} + \frac{X_q - X_p}{(X_q - X_p)^2 + (Y_q - Y_p)^2}(\delta Y_q - \delta Y_p).$$

§ 7. **Première détermination des azimuts des lignes de foi.** — Calculons d'abord par cheminement, sans faire aucune compensation, des valeurs approchées de nos azimuts P_1, P_2, ..., P_i ; soit δP_1, δP_2, ..., δP_i les corrections les plus probables à leur apporter ; remplaçons dans la formule ci-dessous P_p par $P_p + \delta P_p$. La correction à apporter à l'angle azimutal α_{pq} sera :

$$-\delta P_p + A_{pq} - P_p - \alpha_{pq}.$$

Et j'aurai à rendre minimum, en choisissant convenablement les δ, la somme

$$\Sigma[-\delta P_p + A_{pq} - P_p - \alpha_{pq}]^2.$$

Nous allons égaler à zéro les dérivées prises par rapport à nos inconnues A_{pq} et δP_p ; A_{pq} ne figure que dans deux termes ; par exemple $A_{1.2}$ ne figure que dans les termes :

$$[-\delta P_1 + A_{1.2} - P_1 - \alpha_{1.2}]^2 + [-\delta P_2 + A_{1.2} - P_2 - \alpha_{2.1}]^2.$$

D'où en égalant à zéro la dérivée prise par rapport à

$A_{1.2}$ et résolvant par rapport à cette inconnue :

$$(13)\quad A_{1.2} = \frac{1}{2}\,\delta P_1 + \frac{1}{2}\,\delta P_2 + \frac{1}{2}\,P_1 + \frac{1}{2}\,P_2 + \frac{\alpha_{1.2} + \alpha_{2.1}}{2}$$

d'où en substituant dans les deux termes ci-dessus :

$$\left[-\frac{1}{2}\,\delta P_1 + \frac{1}{2}\,\delta P_2 - \frac{1}{2}\,P_1 + \frac{1}{2}\,P_2 - \frac{1}{2}\,\alpha_{1.2} + \frac{1}{2}\,\alpha_{2.1}\right]^2 + \left[\frac{1}{2}\,\delta P_1 - \frac{1}{2}\,\delta P_2 + \frac{1}{2}\,P_1 - \frac{1}{2}\,P_2 + \frac{1}{2}\,\alpha_{1.2} - \frac{1}{2}\,\alpha_{2.1}\right]^2.$$

Ces deux termes se réduisent entre eux et donnent un terme unique :

$$\frac{1}{2}\,(\delta P_1 - \delta P_2 + P_1 - P_2 + \alpha_{1.2} - \alpha_{2.1})^2.$$

Pour avoir le minimum, nous égalerons à zéro les dérivées prises par rapport aux δP. Opérons d'abord par rapport à δP_1. Nous obtiendrons l'équation :

$$n_1\delta P_1 = \delta P_2 + \delta P_3 + \delta P_4 + n_1 P_1 - P_2 - P_3 - P_4 + \alpha_{1.2} + \alpha_{1.3} + \alpha_{1.4} - \alpha_{2.1} - \alpha_{3.1} - \alpha_{4.1},$$

n_1 désignant le nombre des côtés qui aboutissent au point (1). Nous obtiendrons des équations analogues pour les autres sommets et nous arrivons au système :

$$(14)\quad \left.\begin{aligned} n_1\delta P_1 &= U_1 + \Sigma\delta P_{m_1} \\ n_2\delta P_2 &= U_2 + \Sigma\delta P_{m_2} \\ &\cdots\cdots\cdots \\ n_i\delta P_i &= U_i + \Sigma\delta P_{m_i}. \end{aligned}\right\} \quad \textbf{Equations aux lignes de foi.}$$

Les symboles tels que m_k désignent le numéro de l'un quelconque des sommets qui est relié directement au point (K) ; quant aux U, on les calculera par la formule :

$$U_p = \Sigma\alpha_{pm_p} - \Sigma\alpha_{m_p\cdot p} + n_p P_p - \Sigma P_{m_p}.$$

Ces équations ont la forme étudiée au chapitre III. On

les résoud par approximations successives et on en déduit une première valeur approchée des P, et, par suite, au moyen des relations (13), une première valeur des azimuts.

Cette première partie de l'opération équivaut à ce que, dans la méthode classique, on appelle la compensation des équations aux angles.

§ 8. **Équations aux abscisses et aux ordonnées.** — Nous avons donc maintenant des valeurs bien déterminées pour les azimuts de chacun de nos côtés; mais, ainsi que nous l'avons expliqué au paragraphe 2, nos coordonnées sont encore mal déterminées ; avec les azimuts A_{pq} calculés par la méthode du paragraphe précédent, nous ne pouvons pas former un réseau.

Cependant, comme nous avons des valeurs très approchées des angles de chaque triangle, nous pouvons résoudre notre triangulation et calculer des valeurs également très approchées des coordonnées X_1Y_1, X_2Y_2, ..., X_iY_i. Ce sont les mêmes opérations que celles qu'on exécute quand on ne fait pas de compensation.

L'azimut d'un côté (p, q) sera :

$$B_{pq} = \text{arc tang} \frac{Y_q - Y_p}{X_q - X_p}.$$

Les B_{pq} différeront peu des A_{pq}, mais ils ne leur seront pas égaux.

Nous allons maintenant attribuer des corrections δX_1, δX_2, ..., δX_i aux abscisses et seulement aux abscisses; nous corrigerons ensuite les ordonnées suivant la méthode exposée au paragraphe 3.

Quand nous appliquons aux abscisses ces corrections, l'azimut B_{pq} d'un côté (pq) augmente de l'accroissement de

arc tang $\frac{Y_q - Y_p}{X_q - X_p}$ calculé plus haut :

$$-\frac{Y_q - Y_p}{(X_q - X_p)^2 + (Y_q - Y_p)^2}(\delta X_q - \delta X_p) = -\frac{\sin B_{pq}}{L_{pq}}(\delta X_q - \delta X_p);$$

en négligeant les termes d'ordre supérieur au premier, nous pouvons remplacer sin B_{pq} par sin A_{pq} :

$$-\frac{\sin A_{pq}}{L_{pq}}(\delta X_q - \delta X_p).$$

L'azimut B_{pq} deviendra :

$$B_{pq} - \frac{\sin A_{pq}}{L_{pq}}(\delta X_q - \delta X_p).$$

Prenons par exemple le côté (1, 2). Nous adoptons pour son azimut $B_{1.2} + \frac{\sin A_{1.2}}{L_{1.2}}(\delta X_1 - \delta X_2)$: la correction qui en résultera pour l'angle azimutal observé $\alpha_{1.2}$ sera :

$$\frac{\sin A_{1.2}}{L_{1.2}}(\delta X_1 - \delta X_2) + B_{1.2} - P_1 - \alpha_{1.2}.$$

Et nous devons rendre minima la somme des carrés de ces corrections. Formons cette somme et égalons à zéro les dérivées partielles. Si nous opérons d'abord par rapport à δX_1, nous obtiendrons une équation de la forme :

$$\delta X_1 \Sigma \frac{\sin^2 A_{1.m_1}}{L^2_{1.m_1}} = \Sigma \delta X_{m_1} \frac{\sin^2 B_{1.m_1}}{L^2_{1.m_1}} + V_1.$$

En posant :

$$V_1 = \Sigma' \frac{\sin A_{1.2}}{L_{1.2}}(B_{1.2} - \alpha_{1.2}).$$

Nous formons ainsi un système

$$
(15)\quad \left.\begin{array}{l}
\delta X_1 \Sigma \dfrac{\sin^2 A_{1.m_1}}{L^2_{1.m_1}} = V_1 + \Sigma \delta X_{m_1} \dfrac{\sin^2 A_{1.m_1}}{L^2_{1.m_1}} \\
\delta X_2 \Sigma \dfrac{\sin^2 A_{2.m_2}}{L^2_{2.m_2}} = V_2 + \Sigma \delta X_{m_2} \dfrac{\sin^2 A_{2.m_2}}{L^2_{2.m_2}} \\
\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\
\delta X_i \Sigma \dfrac{\sin A_{i.m_i}}{L^2_{i.m_i}} = V_i + \Sigma \delta X_{m_i} \dfrac{\sin^2 A_{i.m_i}}{L^2_{i.m_i}}
\end{array}\right\} \text{Equations aux abscisses.}
$$

Ces équations sont de même forme que les équations (14), et on les résout de la même façon. On calcule alors, d'après les corrections apportées aux abscisses, de nouvelles valeurs pour les azimuts C_{pq}, et on forme les équations aux ordonnées :

$$
(16)\quad \left.\begin{array}{l}
\delta Y_i \Sigma \dfrac{\cos^2 A_{1.m_1}}{L^2_{1.m_1}} = W_1 + \Sigma \delta Y_{m_1} \dfrac{\cos^2 A_{1.m_1}}{L^2_{1.m_1}} \\
\delta Y_2 \Sigma \dfrac{\cos^2 A_{1.m_2}}{L^2_{2.m_2}} = W_2 + \Sigma \delta Y_{m_2} \dfrac{\cos^2 A_{2.m_2}}{L^2_{2.m_2}} \\
\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\
Y_i \Sigma \dfrac{\cos^2 A_{i.m_i}}{L^2_{i.m_i}} = W_i + \Sigma \delta Y_{m_i} \dfrac{\cos^2 A_{i.m_i}}{L^2_{i.m_i}}
\end{array}\right\} \text{Équations aux ordonnées.}
$$

En posant :

$$
W_p = \Sigma \frac{\cos A_{pmp}}{L_{p.mp}} (C_{pq} - \alpha_{pq}).
$$

On résout les équations aux ordonnées comme les équations aux abscisses.

§ 9. **Réitération des calculs.** — Quand cette série d'opérations est terminée, la somme des carrés des écarts entre les angles azimutaux observés et les angles azimutaux adoptés est déjà très réduite. Si on veut l'entamer encore plus profondément et obtenir une précision supérieure, on recommencera une seconde fois la compensation des lignes de foi, des abscisses et des ordonnées.

La première de ces trois opérations ne se fait pas par les mêmes formules que précédemment ; elles donnent lieu à des équations qui se trouvent toutes résolues ; voici comment on procède :

La correction des ordonnées nous a donné de nouvelles valeurs pour les azimuts de chaque côté $(p.q)$, D_{pq}. Adoptons-les provisoirement et cherchons maintenant les valeurs les plus probables des azimuts des lignes de foi Q_p. Nous les déterminons toujours par la même loi. La correction apportée à nos observations α_{pq} sera $(D_{pq} - Q_q) - \alpha_{pq}$. La somme des carrés des corrections devra être minima. Nos seuls variables sont les Q. Égalons à zéro les dérivées partielles, on aura :

$$(17) \quad \left.\begin{array}{l} n_1 Q_1 = \Sigma D_{1m_1} - \Sigma \alpha_{1.m_1} \\ n_2 Q_2 = \Sigma D_{2m_2} - \Sigma \alpha_{2.m_2} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ n_i Q_i = \Sigma D'_{im_i} - \Sigma \alpha_{i.m_i} \end{array}\right\} \text{Seconde équation aux lignes de foi.}$$

On en déduira de nouvelles valeurs des azimuts des lignes de foi.

Formons maintenant nos équations aux abscisses et aux ordonnées ; les coefficients sont les mêmes que précédemment ; seuls les termes indépendants, les V et les W, doivent être calculés à nouveau.

Chaque fois qu'on réitérera cette triple opération, on réduira la somme des carrés. Au bout de quelques réitérations, les corrections que l'application répétée de la méthode apportera aux inconnues seront négligeables, et on arrêtera les calculs.

Nous avons supposé dans nos formules que les poids de tous les angles azimutaux α_{pq} étaient égaux entre eux ; s'il n'en est pas ainsi, il faut, en formant la somme des carrés des écarts, multiplier chacun de ces carrés par le poids de l'observation correspondante. Ce poids est le chiffre qui représente le nombre des observations dont la moyenne

α_{pq} est la résultante. L'établissement des formules correspondant à ce cas n'offre aucune difficulté, et nous ne le développerons pas.

§ 10. **Des avantages de la méthode.** — La probabilité des résultats dépend de la somme des carrés des écarts entre les lectures et les valeurs adoptées. Chaque fois qu'on réduit la somme, on augmente la précision. Par conséquent, alors même qu'on n'exécuterait pas le calcul entier, on n'en aurait pas moins fait œuvre utile et amélioré considérablement les mesures.

Rappelons l'exemple d'un réseau complet avec dix sommets : la méthode classique nous conduit à la résolution d'un système de 64 équations à un nombre égal d'inconnues ; ce calcul, même exécuté avec l'aide des méthodes graphiques et par un opérateur exercé, est un travail de bien des journées. Dans notre méthode, nous avons affaire à trois équations à dix inconnues, équations d'une forme spéciale, dont la résolution exige peu de temps. Si nous formons d'abord nos équations aux lignes de foi, notre coefficient de convergence probable $\frac{\Sigma [U']}{\Sigma [U]}$ est de $\frac{1}{3}$. Nos formules sont donc très convergentes. Ce premier calcul très simple fera plus que doubler la précision des résultats. Quant aux équations aux abscisses et aux équations aux ordonnées, leur formation est facile. On pourrait se borner à ne les résoudre qu'une seule fois. Mais il vaut mieux réitérer les opérations, tant qu'elles apportent des corrections appréciables aux résultats. En tout cas, la compensation partielle ou totale effectuée d'après notre méthode paye largement la peine du calculateur.

BULLETIN.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE L'ALLEMAGNE ET DU LUXEMBOURG EN 1906 (*).

		PRODUCTION	VALEUR sur place	PRIX moyen
1° *Substances minérales.*		tonnes	francs	fr. c.
Combustibles minéraux.	Houille..	137.117.926	1.506.465.870	10,99
	Lignite..	56.415.333	161.668.740	2,86
Minerai asphaltique..............		117.413	1.357.920	11,56
Pétrole..............		81.419	6.199.200	76,14
Graphite..............		4.055	238.620	58,84
Minerai de fer..............		19.505.177	107.616.390	5,52
— de zinc..............		704.596	64.271.190	91,22
— de cuivre..............		768.523	31.528.590	41,02
— de plomb..............		140.914	22.190.430	157,47
— de manganèse..............		52.485	769.980	14,67
— d'arsenic..............		6.259	616.230	98,45
— d'or et d'argent..............		8.066	1.483.380	183,90
Pyrites de fer..............		196.971	2.081.160	10,56
Sel..............		1.867.952	25.911.180	13,87
Minerai de fer (Luxembourg)......		7.229.383	18.552.090	2,56
2° *Métaux.*				
Fonte..............		10.833.720	784.618.230	72,42
Fer et acier soudés..............		730.072	135.012.180	184,93
Fer et acier fondus..............		11.020.803	1.693.494.750	153,66
Zinc..............		205.691	133.643.190	649,73
Cuivre..............		32.275	68.833.260	2.132,71
Plomb..............		150.741	62.780.430	416,48
Litharge..............		4.137	1.846.230	446,27
Etain..............		6.147	25.287.570	4.113,81
Arsenic..............		3.052	1.607.610	526,74
Soufre..............		178	20.910	117,47
		kilogr.		
Or..............		4.202	14.424.210	3.432,70
Argent..............		393.442	43.994.640	111,82
		tonnes		
Fonte (Luxembourg)..............		1.460.105	93.628.830	64,12

(*) Chiffres provisoires.

(*Extrait de* Die Erzeugnisse der Bergwerke, Salinen und Hütten — année 1906.)

NOTE

SUR LA

NOUVELLE LOI DES MINES POUR LA PRUSSE

Du 18 juin 1907

Par M. Louis AGUILLON, Inspecteur général des Mines.

La loi française sur les mines du 21 avril 1810 avait introduit dans la législation le principe de la propriété des mines, entendu en ce sens que la mine, une fois instituée, était assimilée, autant que la nature des choses le comporte, à un bien foncier ordinaire, à un champ, un moulin. Si la mine instituée dans le système napoléonien ne pouvait plus être soumise qu'aux droits et obligations résultant de la loi, son institution même restait de droit régalien, le Gouvernement choisissant discrétionnairement parmi les demandeurs, au mieux de l'intérêt général dont il est le représentant, l'attributaire et le périmètre de la mine.

Lorsqu'en 1865 la Prusse refondit définitivement son ancien droit minier, reposant sur le *Directionsprincip* ou la tutelle étroite de l'État sur les exploitants, pour le remplacer par le droit moderne, dont la célèbre loi du 24 juin 1865 devait être le monument le plus complet, elle alla, dans ces mêmes idées, encore au delà de notre loi de 1810, en donnant pour fondement à son nouveau droit ce que l'on a nommé le principe de la *Bergbaufreiheit*, de la liberté de l'exploitation des mines, comprise sous toutes les acceptions dans le sens le plus large. Seule, la loi espagnole de Ruiz Zorilla de 1868 devait aller plus

loin. Non seulement la mine, une fois créée, était un immeuble assimilé en principe aux immeubles de droit commun; mais déjà les restrictions à ce principe, qui paraissent découler de la nature des choses, étaient sensiblement plus atténuées dans le droit prussien que dans le système napoléonien, et surtout que dans le système finalement réalisé en France par notre loi du 27 avril 1838 avec ses déchéances et notre décret du 25 octobre 1852 avec son interdiction de réunion. En outre, différence encore plus capitale, l'institution de la mine échappait à toute décision arbitraire de l'Administration; elle résultait directement de la seule application de la loi : la mine, sur 220 hectares d'étendue délimités au gré du demandeur, sous la seule réserve, pour éviter les formes anormales, que deux points du périmètre ne seraient pas distants de plus de 4.185 mètres, la mine était attribuée à l'inventeur, ou à celui qui en était réputé l'inventeur parce qu'il en était le premier demandeur, après que l'existence — et non l'exploitabilité — du gîte avait été matériellement constatée.

On s'est généralement accordé à admettre que ce régime de *Bergbaufreiheit* avait puissamment contribué à créer ce superbe développement de l'industrie extractive prussienne, qui est un des plus sûrs fondements du merveilleux essor de l'industrie générale et du commerce en Allemagne. Mais bien des choses ont changé dans le domaine technique et économique depuis quarante ans, et ces modifications ont produit, spécialement dans le domaine des mines, des résultats particuliers, par suite même de la loi de 1865 et de la manière dont elle a été interprétée et appliquée.

Les recherches ont notamment changé de caractère : les gîtes sédimentaires profonds, tels que ceux de houille, de fer, de sel, sont aujourd'hui reconnus et explorés par des sondages que l'outillage moderne, surtout en Allemagne, a permis de rendre simultanément plus rapides,

plus économiques et plus sûrs dans leurs constatations. Par là s'est constituée en Allemagne une industrie spéciale de forages, qui a su trouver dans la loi de 1865 le moyen de s'assurer, à des conditions relativement peu onéreuses, la propriété d'étendues considérables de terrains miniers et plus spécialement de houille et de sel. D'une part, en effet, il était de l'essence même de la *Bergbaufreiheit* de ne pas interdire la réunion de mines de même nature, et la loi de 1865 ne prévoyait rien d'analogue à notre décret du 25 octobre 1852. D'autre part, alors que l'esprit de la loi semblait ne devoir assurer à chaque invention, à chaque sondage ayant abouti, qu'un champ de 220 hectares, le texte de la loi, par suite d'une interprétation plus subtilement juridique peut-être que rationnellement fondée, s'est trouvé lui assurer le *Schlagkreis*, c'est-à-dire le cercle de 4.185 mètres de rayon autour de chaque sondage, soit 5.750 hectares ou 25 champs légaux.

D'un autre côté, le mouvement économique de concentration des ressources naturelles ou industrielles dans une même entreprise, profitant, en matière de mines, de cette liberté de réunion que je rappelais, a facilité la création de puissantes sociétés réunissant un nombre de plus en plus grand d'exploitations, ou d'hectares de terrains miniers. Puis, ces sociétés se sont associées dans ces vastes syndicats qui caractérisent spécialement l'industrie allemande et dont le célèbre syndicat des houilles rhénan-westphalien, avec les 80 millions d'extraction annuelle qu'il contrôle, est un des types les plus connus.

Ce mouvement pour la recherche et l'appropriation des mines par sondages était devenu si intense que, dans les deux dernières années qui ont précédé la loi Gamp, il n'a pas été présenté moins de 1.000 demandes d'appropriation, correspondant vraisemblablement à quelque 200.000 hectares.

De tout cela est résultée une agitation contre les prin-

cipes mêmes de la loi de 1865, qui vient d'aboutir à la loi du 18 juin 1907, dont nous donnons ci-dessous la traduction et dont nous voudrions achever de dire la genèse, en même temps que nous en montrerons l'économie et la portée.

Ce ne fut qu'incidemment en quelque sorte que la question de la revision des principes de la *Bergbaufreiheit*, ou du moins de son application d'après la loi de 1865, fut posée au législateur. Bien que le Gouvernement parût y incliner, comme la suite devait le montrer, il n'en avait pas pris l'initiative, encore que, à la suite de la grande grève des mineurs de Westphalie de 1905 (*), il eût saisi le Parlement des modifications qu'il jugeait utile d'introduire dans la partie de cette loi qui traite des rapports entre ouvriers et exploitants. Ce fut un député qui proposa et fit adopter la loi du 5 juillet 1905, la loi Gamp, du nom de son auteur. Elle suspendait pour deux ans, sous réserve des droits acquis, l'application de la loi de 1865 en ce qui concernait l'institution des mines de houille et de sel, de façon à ce qu'il n'en fût plus attribué jusqu'à la revision de la loi que le Gouvernement était mis en demeure de provoquer pendant ce délai et de faire aboutir avant son expiration.

De là est née la loi du 18 juin 1907. Sa rédaction, qui ne laisse pas d'être assez obscure sur les points les plus essentiels, se ressent du délai fatidique dans lequel il fallait aboutir, comme aussi des discussions dont elle a été l'objet. Le texte définitivement voté diffère notablement, sur les sujets les plus graves, du projet du Gouvernement, et il a été modifié successivement, sur ces sujets mêmes, tant à la Chambre des députés qu'à la Chambre des seigneurs. Il nous est d'autant plus

(*) Nous avons analysé la loi Gamp dans la première livraison de 1906 (t. VI, p. 130).

permis de relever ces vices de rédaction, qui consoleraient, si tant est que ce soit une consolation, des défauts analogues que l'on relève dans les lois récentes d'autres pays, qu'ils ont été signalés non sans quelque énergie à la Chambre des seigneurs.

Il faut, avec la loi du 18 juin 1907, distinguer désormais, dans le droit minier prussien, trois catégories de substances parmi celles détachées de la propriété superficiaire, c'est-à-dire constituant des mines assujetties à la loi minière. Il y aura en effet, désormais, trois régimes spéciaux : 1° celui du droit commun, qui s'applique à toutes celles de ces substances ne rentrant pas dans les deux autres catégories ; 2° le régime du sel, de la potasse, de la magnésie, des borates, avec les sels associés dans les mêmes gisements, et des sources salées, en un mot le régime du sel ; 3° le régime de la houille (*Steinkohle*), non compris le lignite (*Braunkohle*).

Le régime du droit commun reste celui de la loi du 24 juin 1865, avec la *Bergbaufreiheit ;* on n'a apporté au texte et au régime actuels que des modifications de détail et de procédure.

Ce n'est que pour le groupe du sel et de la houille que la loi du 18 juin 1907 porte une atteinte effective aux principes d'appropriation privée de la loi de 1865, au régime de la *Bergbaufreiheit* pour l'acquisition du gîte, mais avec des différences importantes pour chacune de ces catégories. Si, pour le groupe du sel, la solution est dès aujourd'hui établie, on n'en peut dire autant pour la houille : la loi du 18 juin 1907 a plutôt encore pour cette substance, du moins au point de vue des principes, un certain caractère transitoire.

On s'est demandé pourquoi le nouveau régime d'exception n'avait touché qu'au groupe du sel et à la houille. On a répondu, dans la discussion, que cette distinction répondait aux anciennes traditions du droit prussien :

ce peut être vrai pour le sel; on ne l'établirait pas aussi bien pour la houille. En tout cas on n'a pas songé à comprendre, dans les substances de grande consommation à régime exceptionnel, le minerai de fer et le lignite. On a toujours, en Prusse, séparé celui-ci de la houille; les conditions de gisement et de nature de substance peuvent l'expliquer; ce serait d'une pratique difficile peut-être en d'autres pays, comme le nôtre par exemple.

Nous allons signaler les dispositions nouvelles les plus essentielles qui viennent d'être édictées pour chacune des trois catégories que nous venons de distinguer, en ne retenant ici que celles ayant un réel intérêt par leur nature ou leur portée. Nous laissons de côté, en renvoyant purement et simplement à la traduction de la loi, les dispositions de caractère transitoire ou touchant à des particularités locales, telles que celles relatives aux droits des seigneurs non médiatisés ou à certaines régions.

Comme pour les lois antérieures qui ont déjà modifié le texte originaire de la loi du 24 juin 1865, la loi du 18 juin 1907 a été rédigée, partout où cela a été possible, de façon à édicter des paragraphes (§§) qui se substitueront ou s'ajouteront aux paragraphes actuels de la loi de 1865: les dispositions propres de la loi de 1907 forment, au contraire, des articles numérotés en chiffres romains. Nous tiendrons compte de cette double indication dans les explications qui suivent sur les trois questions précédemment indiquées, que nous devons maintenant aborder.

Régime de droit commun. — Signalons tout d'abord que la loi a explicitement résolu un point qui, en jurisprudence, restait controversé, à savoir les pouvoirs de l'administration sur les travaux de recherche. La loi décide qu'ils sont placés sous la surveillance de l'autorité minière au même titre que les travaux d'exploitation; ils peuvent être astreints à une déclaration à l'autorité

locale (*Oberbergamt*) pour leur commencement et leur fin (art. II). On a ajouté, comme contre-partie de cette disposition, que l'autorité minière serait tenue au secret pour les faits dont elle aurait ainsi connaissance (*id.*). Malgré l'indépendance respective que l'on doit établir, comme nous le dirons, entre les fonctionnaires de l'autorité minière agissant comme représentants de la puissance publique et ceux de l'État industriel ou du Fisc, arrivera-t-on à faire sortir effet à cette clause au regard de celui-ci ?

Les modifications essentielles pour l'appropriation de la mine, pour la *Mutung* caractéristique du droit prussien, sont les suivantes :

Pour que la *Mutung* soit recevable, il ne suffira plus que l'on ait constaté l'existence du gîte comme autrefois; il faudra établir son exploitabilité technique et économique (§ 15).

La *Muter*, ou demandeur en appropriation, n'a que six mois à partir de la date de sa demande pour introduire sa revendication en ce qui concerne la forme et la situation de son champ, de telle sorte que ce n'est que pendant cette durée qu'il bénéficiera du *Schlagkreis* autour de son sondage. Le rayon du *Schlagkreis* se trouve réduit d'ailleurs à 1.900 mètres par la stipulation que, avec le champ normal de 220 hectares, le point de la découverte (*Fundpunkt*) doit être à 100 mètres au moins et à 2.000 mètres au plus du point le plus rapproché du périmètre (§ 27), sauf circonstances spéciales indépendantes de la volonté des demandeurs, qui pourraient justifier une dérogation (*id.*).

Il semble toutefois qu'avec cette nouvelle règle on n'ait songé qu'aux recherches par sondage : on pourra être embarrassé pour décider où est le *Fundpunkt* dans une recherche par galerie.

Si le *Muter* conserve en principe toute liberté pour la

situation et la forme de son champ, l'autorité minière supérieure (*Oberbergamt*) pourrait écarter des formes qu'elle estimerait ne pas être appropriées à l'exploitation (§ 27).

Au lieu du rôle en quelque sorte purement automatique qu'elle avait dans le système de 1865, l'autorité minière se trouve ainsi avoir, en plusieurs circonstances, un rôle d'appréciation plus marqué. Aussi a-t-on tenu à accroître les garanties en faveur des intéressés par de nouveaux recours contre les décisions à intervenir.

On peut en appeler de la décision de l'*Oberbergamt* à la Commission des mines (*Bergausschuss*) qu'a créée la loi du 14 juillet 1905 [§ 132, *a* (*)].

Régime du sel. — Dans son paragraphe 1 primitif, la loi de 1865 ne mentionnait explicitement, dans les substances détachées de la propriété du sol, que le « sel gemme (*Steinsalz*) avec les sels associés dans le même gisement et les sources salées ». Le texte modifié par la loi de 1907 place, à côté du sel gemme, « les sels de potasse, de magnésie et les borates ». En réalité, ce n'est pas une modification de fond ; le texte nouveau ne fera que dire explicitement ce que la jurisprudence avait admis découler implicitement du texte ancien.

Ce groupe du sel est désormais retiré du régime du droit commun, de la *Bergbaufreiheit;* seul, le Fisc, l'État puissance morale ou industrielle, pourra les rechercher et les exploiter dans les nouveaux gisements. Mais le Fisc ne pourra devenir propriétaire d'une mine, et par champ distinct de 220 hectares au plus, que moyennant un titre de propriété qui doit lui être délivré par l'État puissance publique, et qui ne peut lui être délivré que lorsque le Fisc, ou son cessionnaire pour lui, aura établi non

(*) Voir l'analyse de cette loi, 1906, t. IX, p. 130.

pas seulement l'existence d'un gîte dans ce champ, mais encore, d'après la nouvelle formule du droit commun, son exploitabilité technique et économique. Et, pour qu'il y ait un contrôle plus effectif de l'État puissance publique sur le Fisc, il a été entendu, dans la discussion, que le Gouvernement présenterait une loi qui assurât mieux à l'avenir l'indépendance respective des fonctionnaires ou représentants des deux administrations.

L'État propriétaire d'une mine ainsi instituée l'exploite, en jouit, comme tout autre propriétaire d'une mine de droit commun.

La loi de 1907 (art. I) porte que l'Etat *peut* céder à des tiers le droit de recherche et d'exploitation qui lui est réservé. « Cette cession se fera, en règle générale, contre paiement (*Entgelt*) (*) et à temps », porte ledit article. On ne stipule ni ce que pourra être ce paiement, ni ce que sera cette durée. Rien dans le texte ne semble empêcher le Fisc de traiter soit pour une somme une fois payée, soit pour un fermage annuel, soit pour un fermage proportionnel à l'extraction, encore qu'on soit porté à admettre d'après l'ensemble de la loi qu'il s'agit plutôt d'une somme à payer en une fois.

En résumé, du moins pour le droit d'exploiter une mine dont la propriété aura dû d'abord être instituée en faveur du Fisc, la loi établit simplement la faculté pour celui-ci de l'amodier sans pouvoir la vendre.

Avec ce soin méthodique de toutes les lois allemandes en pareille circonstance, la loi de 1907 prend soin de préciser (art. V) le caractère juridique de ce « droit d'exploitation » (*Gewinnungsrecht*) du cessionnaire : ce sera un droit réel immobilier, incorporel, inscrit isolément à ce titre sur le livre foncier, en même temps qu'inscription en

(*) La Chambre des députés a fait remplacer l'*Entschädigung* (indemnité) que portait le projet de loi par *Entgelt*, pour mieux marquer par les mots mêmes la situation juridique de chacune des parties intervenantes.

est faite à la charge de la propriété. Le détenteur du droit aura en principe, pour et dans l'exercice dudit droit, tous les droits et obligations du propriétaire de mine ordinaire suivant le droit commun; il lui est, à cet égard, substitué de tous points, notamment pour les règles sur les sociétés spéciales aux mines, les *Gewerkschaften*. Dans cette substitution, il n'est fait réserve que de l'obligation de bornage (§ 39); du droit de préférence à l'institution de la propriété des substances connexes (§ 55); de l'obligation d'exploiter (§ 45) et de la déchéance qui peut en résulter (§ 156 à 162). Cette dernière particularité est spécialement à retenir. En fait, depuis 1865, l'Administration prussienne n'a jamais appliqué la faculté de prononcer la déchéance des mines inexploitées ou insuffisamment exploitées, faculté dont elle dispose dans des conditions assez analogues à celles de notre droit français. En droit, la distinction admise désormais pour les mines de sel futures entre la propriété de la mine et le droit de l'exploiter ne permettrait guère d'appliquer à celui-ci une mesure qui ne peut juridiquement se comprendre que contre celle-là. Si l'État puissance publique est désarmé légalement contre l'inaction de l'exploitant, le Fisc, l'État puissance morale, pourra-t-il intervenir contractuellement contre lui? On est tenté de répondre négativement avec l'ensemble de la loi. En définissant si soigneusement les droits et obligations du droit d'exploitation, la loi ne paraît laisser au Fisc propriétaire que deux choses à fixer contractuellement avec son cessionnaire : le prix ou paiement et la durée de la cession.

On ne saurait contester que ce régime du groupe du sel supprime bien pour les particuliers la *Bergbaufreiheit* en ce qui concerne la recherche et l'acquisition de la propriété : c'est le monopole de l'État qu'on institue pour les mines futures. Mais, en ce qui concerne les substances dont il s'agit, il ne faut pas s'exagérer l'impor-

tance de la dérogation, qu'expliquent bien des circonstances spéciales Dans tous les pays soumis, comme la Prusse, à l'impôt du sel, qui disposent de gites de sel gemme de ressources en quelque sorte indéfinies, en face, au contraire, d'une consommation que restreint la nature même de la substance, une pareille réserve stipulée en faveur de l'État n'a rien qui doive surprendre. Notre Administration française, en présence de conjonctures analogues à celles de la Prusse, aggravées chez nous par la concurrence entre les sels ignigènes et les sels des marais salants, n'en est-elle pas à hésiter à instituer de nouvelles concessions ? Ici et là on en arriverait en somme aux mêmes résultats par des voies juridiques et administratives très différentes. Et notre loi de 1825 n'avait-elle pas donné à l'Etat la concession de toutes les mines de sel que l'on supposait exister en France ? Aussi bien, le monopole de l'exploitation du sel par l'État était jadis traditionnel en Allemagne, et beaucoup d'Etats allemands l'ont conservé. C'est donc bien avec raison que l'on a invoqué ici les traditions en cette matière spéciale.

Il est vrai qu'à côté du sel gemme, auquel s'appliquent plus spécialement les observations précédentes, il y a les sels de potasse, qui ont une tout autre valeur. Aussi, en faveur du monopole de l'État sur les gites de cette substance qui peuvent rester libres, on a invoqué le monopole que la nature a donné à ce sujet à l'Allemagne. L'État s'est d'ailleurs défendu de vouloir établir en sa faveur un monopole commercial, fiscal. Il a fait observer que cela lui serait impossible avec l'importance des gites dès à présent appropriés par les particuliers ; il veut simplement soustraire les gites futurs à l'accaparement que les sociétés de sondage et les capitalistes qui sont derrière elles s'efforçaient de réaliser avec le régime de la loi de 1865.

Régime de la houille. — La situation se présente pour la houille dans des conditions de fait différentes, et les questions soulevées prennent une autre importance au point de vue des principes.

Dans le projet présenté aux Chambres, le Gouvernement avait proposé pour la houille un régime absolument identique à celui du sel. En faveur du monopole qu'il demandait pour l'avenir en vue d'en jouir dans les mêmes conditions, il faisait valoir une double série de considérations.

L'État prussien est le plus grand industriel du royaume ; par ses chemins de fer et sa marine notamment, il est le plus gros consommateur de combustibles. Encore que, par les houillères qu'il possède déjà, il soit le plus fort producteur de combustibles, il estime que, devant les accaparements de mines de houille qu'ont permis de réaliser dans les derniers temps la nouvelle industrie des forages et l'application de la loi de 1865, il n'est plus en situation de faire face aux obligations qui lui incombent à divers titres. Il trouve que, d'une part, il n'a ou n'aura pas un domaine minier suffisant pour lui assurer la régularité de ses approvisionnements dans de bonnes conditions. C'est le système des « mines d'usine », comme on l'a appelé, que revendique en quelque sorte le Fisc pour son propre usage. D'autre part, en présence de la politique des syndicats qui caractérise l'industrie allemande moderne, l'État se croit le devoir, au regard de la collectivité, d'intervenir matériellement et efficacement dans le commerce des houilles, par une extraction appropriée, à l'encontre des agissements éventuels des syndicats.

A l'appui de ces diverses considérations, que je résume et que j'expose sans vouloir les discuter, les représentants de l'État ont produit, sur la situation des terrains houillers déjà appropriés et supposés pouvoir être appropriés, l'intéressant tableau que je donne ci-dessous :

SITUATION DES TERRAINS HOUILLERS (1) APPROPRIÉS OU SUSCEPTIBLES D'ÊTRE APPROPRIÉS EN PRUSSE (2).

DISTRICTS	TERRAINS déjà appropriés	TERRAINS libres à moins de 2.000 mètres de profondeur	TOTAL	TERRAINS dont l'État dispose actuellement	PROPORTION des terrains de l'État à ceux appropriés	PROPORTION des terrains de l'État au total des terrains houillers
a	*b*	*c*	$d = b + c$	*e*	$f = \frac{e}{b} 100$	$g = \frac{e}{d} 100$
	hectares	hectares	hectares	hectares		
Silésie supérieure.........	238.000	32.000	270.000	39.900	16,8 p. 100	14,8 p. 100
Silésie inférieure.........	56.000	5.000	61.000	»	»	»
Dortmund...............	472.600	175.000	647.600	32.500	6,9	5
Rhin inférieur............	96.700	39.000	135.700	»	»	»
Aix-la-Chapelle..........	70 300	12.000	82.300	»	»	»
Saarbrück...............	110.900	»	110.900	110.900	100	100
TOTAUX............	1.044.500	263.000	1.307.500	183.300	19,5	14,0
En ajoutant les 55.000 hectares de la loi du 18 juin 1907.................	»	»	»	238.300	22,8	18,2

(1) Le tableau ne comprend pas les lignites dont la production en Prusse est actuellement de 50 p. 100 de celle de la houille.

(2) Le tableau ne comprend pas les bassins houillers hors de Prusse et notamment celui d'Alsace-Lorraine qui doublerait au moins celui de Saarbrück.

Tout en admettant partiellement les revendications de l'État, les Chambres n'ont pas adopté son système : elles ont fini par voter une solution transactionnelle, qui ne brille pas précisément par sa clarté.

Après que le paragraphe 2, alinéa 1, pose le principe que, pour la houille comme pour le groupe du sel, la recherche et l'exploitation seront désormais réservées exclusivement à l'Etat ; que seul il pourra avoir la propriété des mines nouvelles, le paragraphe 2, alinéa 3, donne en fait à l'État un délai de trois ans pour se faire attribuer en propriété jusqu'à 55.000 hectares en 250 champs distincts qu'il semble qu'il ne pourra obtenir individuellement, comme pour le sel, qu'après établissement de l'exploitabilité de chacun. « Pour le surplus, dit le dernier alinéa, l'État *doit* céder ces droits à des particuliers », en ajoutant que « le mode de transfert sera fixé par une loi ». La Chambre des députés avait d'abord admis un système encore moins net et à coup sûr moins pratique, dans lequel la cession devait être faite dans chaque cas par voie législative. C'eût été une amodiation consentie par une loi au lieu de l'être par un acte du pouvoir exécutif. Ce système a été écarté pour celui que nous avons dit et qui, en somme, consiste à renvoyer la solution définitive à une loi à intervenir. De tout cela est sorti un régime dont les dispositions cadrent assez mal entre elles.

Si, d'une part, en effet, on décide que les mines de houille sont réservées à l'État, on l'oblige, en dehors des 55.000 hectares qu'il peut se faire attribuer par préférence pendant trois ans, à laisser les particuliers exploiter les autres mines. Chose curieuse : au delà et en dehors de cette attribution, la loi de 1907 diminue plutôt qu'elle n'accroît les privilèges de l'État. Dans le système de la loi de 1865, il pouvait, comme tout particulier et par les mêmes voies, se faire attribuer des mines pour les exploi-

ter : il ne le pourra plus dans trois ans avec la loi de 1907. Sur cette cession aux particuliers, il n'y a d'ailleurs rien dans la loi. La règle sur la cession à temps et moyennant un prix ne concerne que le sel ; les définitions sur la nature et l'exercice du droit d'exploiter ne s'appliquent également qu'à cette substance. Pour la houille, rien.

On résumerait assez bien peut-être ces antinomies et ces lacunes du texte, suites naturelles des divergences dans les idées, en considérant la loi du 18 juin 1907 comme ayant fait attribution à l'État de 55.000 hectares de terrain houiller, et pour le surplus comme renvoyant toute solution à une loi à intervenir avant le délai de trois ans. Ce serait simplement, pour les entreprises privées, une nouvelle forme de loi Gamp. L'arrêt durerait trois ans au lieu de deux.

Que dans tout cela il y ait eu, de la part du Gouvernement, une tentative bien marquée de monopoliser, d'accaparer tout ce qui pouvait rester de terrains houillers en Prusse pour en faire l'objet d'une exploitation directe à son heure et à sa convenance ; que c'eût été là un échec au système de la *Bergbaufreiheit* pour les mines de l'avenir — car celles du passé étaient et sont toutes rigoureusement respectées — cela peut se soutenir ; en tout cas, la solution n'a pas répondu à la tentative, et, tant que la loi à intervenir n'aura pas été rendue, il sera plus prudent de se garder de toute appréciation sur la loi du 18 juin 1907, en ce qui concerne sa portée effective au point de vue des principes et de la pratique du droit des mines. L'idée qui domine incontestablement et qui avait déjà inspiré la loi Gamp a été de s'opposer à l'accaparement des terrains miniers par les sociétés de sondages sous le bénéfice de la *Bergbaufreiheit* et aux énormes profits qu'elles en ont retirés.

LOI PRUSSIENNE SUR LES MINES DU 18 JUIN 1907.

(Traduction) (*).

ARTICLE I.

1. — Le paragraphe 1 de la loi sur les mines (**) reçoit la rédaction suivante :

Les substances minérales désignées ci-après sont retirées à la libre disposition du propriétaire du sol.

La recherche et l'exploitation de ces substances sont soumises aux dispositions de la présente loi.

Ces substances sont les suivantes :

Or, argent, mercure, fer à l'exception du minerai de fer des marais, plomb, cuivre, étain, zinc, cobalt, nickel, arsenic, manganèse, antimoine et soufre, à l'état natif ou en minerai ;

Minerais d'alun et de vitriol;

Houille, lignite et graphite;

Sel gemme, sels de potasse, de magnésie, borates, avec les autres sels se trouvant dans le même gisement, et sources salées.

2. — A la suite du paragraphe 1 est intercalé un paragraphe 1 *a* ainsi conçu :

L'acquisition et l'exploitation de mines pour le compte de l'Etat sont soumises à toutes les dispositions de la législation minière, sauf dérogations résultant des dispositions ci-après.

3. — Le paragraphe 2 est remplacé par la disposition suivante :

La recherche et l'exploitation de la houille, du sel gemme, des sels de potasse, de magnésie, borates, avec les autres sels se trouvant dans le même gisement, ainsi que des sources salées, sont réservées à l'État. Cette disposition ne s'applique pas à la houille dans les provinces de Prusse orientale, Brandebourg, Poméranie et Schleswig-Holstein.

L'État peut transférer à d'autres personnes le droit de recherche et d'exploitation du sel gemme, des sels de potasse, de magnésie et des borates, avec les autres sels se trouvant dans le même gisement, ainsi que des sources salées. Ce transfert doit, en règle

(*) Nous avons utilisé, sauf quelques changements insignifiants, la traduction publiée par le Comité central des houillères (Circulaire n° 3423).

(**) Par loi sur les mines, il faut entendre le texte de la loi originaire du 24 juin après les modifications diverses qu'il a reçues de plusieurs lois ultérieures.

générale, avoir lieu contre paiement (*Entgelt*) et à titre temporaire.

En ce qui concerne la recherche et l'exploitation de la houille, il est réservé à l'État, indépendamment des « champs » actuellement exploités par lui ou se trouvant en sa possession, 250 autres champs maxima (§ 27, alinéa 1, chiffre 2). L'institution de propriété (*Verleihung*) a lieu conformément aux dispositions du paragraphe 38, *b*, alinéas 1, 3 et 4; elle doit être demandée dans le délai de trois ans à dater de l'entrée en vigueur de la présente loi, et il doit être statué dans le délai de six mois à dater de la demande.

Pour le surplus, l'État doit transférer à d'autres personnes le droit de recherche et d'exploitation de la houille. Le mode de transfert sera fixé par une loi.

ARTICLE II.

1. — Le paragraphe 3 reçoit la rédaction suivante :

La recherche dans leurs gisements naturels des substances minérales désignées au paragraphe 1 est, en ce qui concerne les substances réservées à l'État par le paragraphe 2, alinéa 1, permise à l'État seulement et aux personnes autorisées par lui ; en ce qui concerne les autres substances, elle est libre pour tout le monde.

La recherche est soumise aux prescriptions suivantes:

2. — A la suite du paragraphe 3 sont intercalés les paragraphes 3 *a* et *b* ainsi rédigés:

§ 3, *a*.

Les dispositions insérées aux titres VII et IX de la présente loi (relatifs aux autorités minières et à la police des mines) sont applicables aux travaux de recherche.

L'explorateur peut être astreint, par ordonnance de police de l'Administration supérieure des mines du district (*Oberbergamt*), de donner dans un certain délai avis à l'autorité minière du commencement et de la cessation des travaux d'exploration. En outre, par ordonnance de police de l'Administration supérieure des mines du district, les paragraphes 67 à 70 et 72 à 77 de la présente loi, avec les modifications résultant de la nature des choses, pourront être rendus applicables aux travaux d'exploration.

§ 3, *b*.

Les autorités minières sont tenues de garder le secret sur les faits qui parviennent officiellement à leur connaissance.

3. — Dans le 3e alinéa du paragraphe 4, les mots « jusqu'à 200 pieds » sont remplacés par les mots « jusqu'à 60 mètres ».

ARTICLE III.

1. — Le deuxième alinéa du paragraphe 14 est supprimé.

2. — Le paragraphe 15 reçoit la rédaction suivante :

Pour qu'une demande en concession (*Mutung*) soit valable, il faut :

1° Que la substance minérale désignée dans la demande ait été découverte au lieu indiqué (*Fundpunkt*, § 14), dans son gisement naturel, avant le dépôt de la demande, et que, lors de l'enquête officielle, cette substance soit constatée en quantité telle et de nature telle qu'une extraction de ce minéral, conduite selon les règles de l'art des mines et aboutissant à une utilisation économique, paraisse possible ;

2° Qu'il ne soit pas opposé de droits meilleurs sur la découverte.

Si la demande déposée en raison d'une découverte n'a pas été recevable parce que son périmètre était recouvert par le périmètre d'une autre demande, cette découverte, si ultérieurement elle se trouve valable, ne peut motiver une nouvelle demande que de la part du premier demandeur ou avec son assentiment.

3. — Le paragraphe 16 est supprimé.

4. — Dans le 1er alinéa du paragraphe 17, les mots « lachters carrés » sont remplacés par les mots « mètres carrés ».

5. — Le 1er alinéa du paragraphe 18 reçoit la rédaction suivante :

L'indication de la situation et de l'étendue du champ ainsi que l'envoi du plan de surface (§ 17) doivent être faits, dans le délai de six mois à dater de la présentation de la demande, à l'autorité minière compétente pour recevoir ladite demande.

6. — Il est ajouté au paragraphe 18 un 4e alinéa ainsi conçu :

Les défectuosités du plan de situation, qui ne sont pas rectifiées par l'Administration supérieure des mines du district (*Oberbergamt*), doivent être corrigées par le demandeur dans le délai de six semaines sur invitation de l'autorité minière. Sur la requête du demandeur, le délai peut être prolongé. Si les délais

impartis ne sont pas observés, la demande cesse dans son ensemble d'être valable.

7. — Après le paragraphe 19 est intercalé un autre paragraphe 19, *a*, ainsi conçu :

Si après renonciation ou en même temps qu'une renonciation à une demande, il est fait une nouvelle demande fondée sur la découverte qui motivait la précédente, ou une autre découverte du même minéral effectuée dans le même trou de sonde ou le même puits d'exploration, le délai fixé au paragraphe 18, alinéa 1, commence à courir, pour cette nouvelle demande, à dater de la présentation de la demande déposée en premier lieu. A l'expiration de six mois à dater de la présentation de la demande déposée en premier lieu, il ne peut être déposé de nouvelle demande fondée sur la même découverte ou une découverte du même minéral effectuée dans le même trou de sonde ou le même puits d'exploration.

Si une demande cesse dans son ensemble d'être valable en raison de la non-observation des délais fixés au paragraphe 18, alinéas 1 et 4, il ne peut être déposé de nouvelle demande pour la même découverte ou une découverte du même minéral effectuée dans le même trou de sonde ou le même puits d'exploration.

ARTICLE IV.

Au paragraphe 26, alinéa 2, les mots « lachters carrés » sont remplacés par les mots « mètres carrés ».

2. — Le paragraphe 27 reçoit la rédaction suivante :

Le demandeur en concession a droit :

1° Dans les cercles de Siegen et Olpe (gouvernement d'Arnsberg) et dans les cercles d'Altenkirchen et Neuwied (gouvernement de Coblentz), à un champ allant jusqu'à 110.000 mètres carrés ;

2° Dans toutes les autres parties du royaume, à un champ allant jusqu'à 2.200.000 mètres carrés.

Le point de la découverte doit toujours être compris dans le champ. La distance entre le point de la découverte et un point quelconque du périmètre ne doit pas être, si le champ a 110.000 mètres carrés (n° 1), inférieure à 25 mètres et supérieure à 500 mètres, et, si le champ a 2.200.000 mètres carrés (n° 2), inférieure à 100 mètres et supérieure à 2.000 mètres. Cette distance est calculée par la ligne la plus directe à travers le champ.

Le champ ne doit pas envelopper des parties de surface qui en resteraient indépendantes.

Au surplus, on peut donner au champ une forme quelconque, pourvu qu'elle réponde aux conditions du paragraphe 26 et que cette forme soit, de l'avis de l'Administration supérieure des mines du district, appropriée à l'exploitation.

Il n'est admis de dérogations aux prescriptions précitées relatives aux distances concernant le point de la découverte et la forme du périmètre, que si elles sont justifiées par des circonstances spéciales, indépendantes de la volonté du demandeur en concession.

3. — Le paragraphe 28 reçoit la rédaction suivante :

Aussitôt que la situation le permet, l'autorité minière doit fixer au demandeur en concession, et au moins quatorze jours à l'avance, une date à laquelle ce demandeur doit fournir sa déclaration définitive sur l'étendue et la délimitation du champ ainsi que sur les réclamations et les oppositions des tiers.

Si le demandeur en concession ne comparait pas à la date fixée, il est admis qu'il maintient sa demande en institution de propriété minière pour le champ indiqué sur le plan (§ 17) et qu'il attend la décision de l'autorité minière sur cette demande ainsi que sur les réclamations et oppositions éventuelles de tiers.

ARTICLE V.

1. — A la fin de la IIIe section du IIe titre de la loi générale des mines, sont insérées les dispositions suivantes :

§ 38, *a*.

Les paragraphes 12 à 38 ne sont pas applicables en ce qui concerne les substances minérales désignées au paragraphe 2, alinéa 2. Les paragraphes 38, *b*, et 38, *c*, leur sont applicables.

§ 38, *b*.

La propriété minière des substances désignées au paragraphe 2, alinéa 2, est instituée au profit de l'État par le Ministre du Commerce et de l'Industrie.

L'institution de propriété n'a lieu que si la preuve est faite que la substance minérale a été découverte dans l'intérieur du périmètre à concéder et dans son gisement naturel, en quantité telle et de nature telle qu'une extraction de ce minéral, conduite selon les règles de l'art des mines et aboutissant à une utilisation économique, paraisse possible.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

La propriété [illegible] paragraphe [illegible] paragraphe 2 [illegible] que celui [illegible] rairement [illegible] d'extraire, conformément aux dispositions de la présente [illegible] les substances désignées au paragraphe 1, [illegible] 2, [illegible] ces substances, [illegible] de situation, et de faire [illegible] lations nécessaires à cet effet.

Aussi longtemps qu'est en vigueur le droit d'extraction institué en vertu de l'alinéa 1er, sont applicables toutes les dispositions de la présente loi relatives aux droits et obligations du propriétaire de mine, possesseur de mine, exploitant de mine, à l'exception des paragraphes 54, 55, 65, 156 à 162 et 164, sous cette réserve que, au propriétaire de mine, est substitué l'usager autorisé à extraire.

Si un droit à l'extraction, de la nature de celui qui est prévu à l'alinéa 1er, est attribué à deux ou plusieurs ayants droit, les dispositions du titre IV de la présente loi sont applicables à leur situation juridique.

2. — Les 2e et 3e alinéas du paragraphe 50 sont remplacés par les dispositions suivantes :

Les dispositions du Code civil relatives aux biens-fonds sont applicables à la propriété minière et au droit à l'extraction institué en vertu du paragraphe 38, c, alinéa 1, sauf les dérogations résultant de la présente loi.

Sous la même réserve, les dispositions en vigueur pour l'acquisition de la propriété et les droits résultant de la propriété de biens-fonds sont applicables à la propriété minière et au droit à l'extraction institué en vertu du paragraphe 38, c, alinéa 1.

Les dispositions relatives aux droits particuliers (*selbständige*

Gerechtigkeiten) des articles 22, 28 de la loi d'exécution pour l'ordonnance sur les livres fonciers (26 septembre 1899), des articles 15 à 22 de la loi pour l'exécution de la loi d'Empire sur la vente forcée (23 septembre 1899) et de l'article 76 de la loi prussienne sur l'administration de la justice volontaire (21 septembre 1899), sont applicables au droit à l'extraction institué en vertu du paragraphe 38, *c*, alinéa 1.

Lors de l'institution d'un droit à l'extraction, il doit être établi pour ce droit une feuille spéciale au livre foncier. Mention en est faite sur la feuille afférente à la mine elle-même.

ARTICLE VI.

Le paragraphe 59, alinéa 1, reçoit la rédaction suivante :

Les chaudières à vapeur et les moteurs nécessaires à l'exploitation des mines et établissements de préparation mécanique (§ 58), ainsi qu'aux travaux de recherches, sont soumis aux prescriptions des lois sur l'industrie.

ARTICLE VII.

Le paragraphe 192, *a*, alinéa 2, reçoit la rédaction suivante :

La décision de l'Administration supérieure des mines (*Oberbergamt*), rendue par l'application du paragraphe 15, alinéa 1, chiffre 1, du paragraphe 27, alinéa 4, et du paragraphe 197, alinéa 1, peut être attaquée devant la Commission des mines (*Bergausschuss*) par la voie du contentieux administratif, dans le délai de deux semaines à dater de la notification.

ARTICLE VIII.

Indépendamment des dispositions de l'article 1er de la présente loi, restent en vigueur les dispositions des réglementations provinciales aux termes desquelles certaines substances visées à l'article 1er sont soumises au droit de disposition du propriétaire de la surface, ou bien aux termes desquelles d'autres substances que celles visées à l'article 1er sont soustraites à ce droit, ainsi que les dispositions de la loi générale des mines relatives à la transformation des concessions par couches en périmètres à projection verticale indéfinie.

Indépendamment des dispositions de l'article 1er de la présente loi, restent en vigueur tous les droits, existant au moment de son application, sur les minéraux visés à l'article 1er, chiffre 3,

ainsi que les droits à l'institution de propriété minière sur de telles substances, motivés par des demandes en concession antérieures à l'application de la présente loi.

De même il n'est rien modifié aux droits des anciens seigneurs d'Empire non médiatisés ainsi que de ceux qui jouissent, en vertu de titres juridiques spéciaux, d'un droit régalien ou d'autres privilèges sur les mines, dans certains districts, soit pour toutes les substances, soit pour certaines d'entres elles.

Dans la mesure où ces titres juridiques spéciaux justifient la prétention d'interdire à d'autres personnes la recherche ou l'extraction des substances minérales visées à l'article 1er, chiffre 3, ou bien d'exclure ces personnes de l'obtention ou de l'exercice du droit de propriété minière sur ces minéraux, la personne qui jouit d'un tel privilège peut revendiquer l'institution de la propriété minière sur les substances minérales ci-dessus visées, par application de celles des dispositions de la loi générale minière du 24 juin 1865 qui étaient applicables avant l'entrée en vigueur de la présente loi.

ARTICLE IX.

Pour les demandes en concession qui ont été introduites avant l'application de la présente loi, la décision doit être rendue conformément aux prescriptions légales antérieurement en vigueur, sous réserve des dispositions du paragraphe 192, alinéas 2 et 3.

ARTICLE X.

Les demandes en concession introduites par application de la loi du 5 juillet 1905, modifiant la loi générale minière du 24 juin 1865-1892, mais rejetées par les autorités qui ont compétence pour l'institution de propriété minière, donnent au demandeur en concession — à moins que les voies de recours ne lui soient déjà ouvertes par l'application du paragraphe 23 de la loi générale minière — le droit de revendiquer en justice contre l'État, dans le délai de trois mois à dater de la promulgation de la présente loi, l'institution de la propriété minière ; au cas où la décision de rejet de la demande en concession ou la sentence de l'autorité devant laquelle a été introduit le recours (§ 191 de la loi générale minière) a été notifiée seulement après la promulgation de la présente loi, le délai est de trois mois à dater de cette notification.

Si ce délai n'est pas observé, le droit d'intenter une action contre l'État devient caduc.

ARTICLE XI.

Si, entre des champs ou parties de champ, déjà concédés avant l'entrée en vigueur de la présente loi pour l'extraction des substances visées à l'article 1er, chiffre 3, il se trouve des parties de surface libres totalement ou partiellement enveloppées, et si ces parties de surface sont, par leur forme ou leur étendue, ainsi constituées qu'une organisation autonome de l'extraction ne serait pas rémunératrice, les propriétaires limitrophes peuvent réclamer l'institution de propriété minière pour les parties de surface ainsi enveloppées, et cela par application des dispositions de la loi générale minière qui étaient applicables avant l'entrée en vigueur de la présente loi.

La décision de l'Administration supérieure des mines du district (*Oberbergamt*) peut être déférée devant la Commission des mines (*Bergausschuss*) par la voie du contentieux administratif, dans le délai de deux semaines à dater de la notification.

La décision de la Commission des mines peut être attaquée devant le Tribunal administratif supérieur par la voie de la revision.

ARTICLE XII.

Si des travaux d'exploration ont été entrepris, avant le 1er février 1907, en vue de rechercher des sources salées se trouvant dans le même gisement que les sels visés à l'article 1er, n° 3, alinéa 1, et si ces travaux n'ont pas, jusqu'à l'entrée en vigueur de la présente loi, abouti à la découverte de telles sources, ces travaux d'exploration peuvent être continués. Si, dans l'année qui suit l'entrée en vigueur de la présente loi, ces travaux ont pour résultat la découverte de pareilles sources, l'inventeur conserve le droit de demander l'institution de propriété minière sur la source salée par application des dispositions jusque-là en vigueur de la loi générale minière.

L'État est autorisé à réclamer, contre indemnité, la renonciation à la découverte, dans le délai de trois mois à dater de la fin du jour de la demande en concession. Pour le calcul de l'indemnité, il ne sera toutefois tenu aucun compte du profit qui pouvait résulter pour l'intéressé de l'exploitation ultérieure de la source.

ARTICLE XIII.

Dans les autres lois modifiées par la présente loi, les dispositions nouvelles seront substituées aux dispositions anciennes.

ARTICLE XIV.

La présente loi entrera en vigueur le 8 juillet 1907.

Le Ministre du Commerce et de l'Industrie est chargé de son exécution.

NOTE

SUR LES

MOYENS D'ÉVALUER L'EFFECTIF DE MATÉRIEL ROULANT

NÉCESSAIRE A UN CHEMIN DE FER EN EXPLOITATION

Par M. WORMS DE ROMILLY, Inspecteur général des Mines.

En 1906, une crise intense a désorganisé en Europe le trafic des chemins de fer ; elle a été la conséquence d'un développement inattendu de l'industrie ; elle a été aggravée par une insuffisance du matériel de transport, que la plupart des administrations n'avaient pas augmenté en temps utile, comme elles auraient dû le faire.

Dans toutes les branches du commerce, les périodes de prospérité alternent avec des périodes d'affaissement. Quand les profits diminuent, on est porté à réaliser des économies, et il arrive que les moyens de faire face aux exigences de la situation font ensuite défaut, lorsque les affaires reprennent trop rapidement. Ces éventualités peuvent n'affecter que les chefs d'industrie, mais elles peuvent aussi affecter la masse du public ; elles provoquent alors naturellement de très vives réclamations. Dans le cas des chemins de fer, qui constituent des monopoles exclusifs le plus souvent de toute concurrence sérieuse, les intéressés, c'est-à-dire les expéditeurs, ont le droit de se montrer d'autant plus exigeants qu'ils ne peuvent pas s'adresser, en général, à d'autres transporteurs.

Il y aurait donc grand intérêt à adopter, si cela est possible, des dispositions de nature à empêcher des crises comme celle de 1906 ou susceptibles, tout au moins, d'en atténuer la gravité.

Pour atteindre ce but, deux problèmes sont à résoudre : il s'agit de reconnaître si l'on peut prévoir avec quelque approximation le trafic d'un réseau de chemin de fer plusieurs années à l'avance, et, en supposant cela possible, comment on peut déterminer la quantité de matériel roulant nécessaire à une compagnie en pleine exploitation.

Si l'on trace un graphique en prenant pour abscisses les millésimes et pour ordonnées le trafic soit des voyageurs, soit des marchandises, on obtient des lignes polygonales de formes très variables avec les différents réseaux de chemins de fer. Les tracés sont d'autant plus irréguliers que les réseaux ont une moindre étendue. Avec des réseaux importants, il y a plus de régularité, par suite des compensations qui s'établissent entre les diverses régions desservies.

Le trafic comporte des éléments multiples, voyageurs, messageries, animaux vivants, marchandises de petite vitesse. Dans une étendue limitée de pays, ils subissent à peu près tous des fluctuations analogues aux mêmes époques, ce qui autorise à ne prendre en considération que les principaux éléments, par exemple les voyageurs et les marchandises de petite vitesse. Sur un réseau donné, d'une année à l'autre, le parcours moyen de chaque voyageur et celui de chaque tonne de marchandises changent peu ; il en est de même du rapport du nombre des voyageurs au nombre des tonnes de marchandises transportées. Par conséquent, si l'on se propose de comparer les trafics d'un réseau ou d'un ensemble de réseaux à différentes époques pour des périodes d'une année chacune, il est presque indifférent de prendre la somme du nombre des voyageurs-kilomètres et du nombre des tonnes-kilomètres de marchandises, ou la somme du nombre des voyageurs et du nombre des tonnes de marchandises transportées, ou toute autre combinaison analogue.

La *fig.* 1 donne les trafics en voyageurs et tonnes-

§ 3, *b*.

Les autorités minières sont tenues de garder le secret sur les faits qui parviennent officiellement à leur connaissance.

3. — Dans le 3e alinéa du paragraphe 4, les mots « jusqu'à 200 pieds » sont remplacés par les mots « jusqu'à 60 mètres ».

ARTICLE III.

1. — Le deuxième alinéa du paragraphe 14 est supprimé.

2. — Le paragraphe 15 reçoit la rédaction suivante :

Pour qu'une demande en concession (*Mutung*) soit valable, il faut :

1° Que la substance minérale désignée dans la demande ait été découverte au lieu indiqué (*Fundpunkt*, § 14), dans son gisement naturel, avant le dépôt de la demande, et que, lors de l'enquête officielle, cette substance soit constatée en quantité telle et de nature telle qu'une extraction de ce minéral, conduite selon les règles de l'art des mines et aboutissant à une utilisation économique, paraisse possible ;

2° Qu'il ne soit pas opposé de droits meilleurs sur la découverte.

Si la demande déposée en raison d'une découverte n'a pas été recevable parce que son périmètre était recouvert par le périmètre d'une autre demande, cette découverte, si ultérieurement elle se trouve valable, ne peut motiver une nouvelle demande que de la part du premier demandeur ou avec son assentiment.

3. — Le paragraphe 16 est supprimé.

4. — Dans le 1er alinéa du paragraphe 17, les mots « lachters carrés » sont remplacés par les mots « mètres carrés ».

5. — Le 1er alinéa du paragraphe 18 reçoit la rédaction suivante :

L'indication de la situation et de l'étendue du champ ainsi que l'envoi du plan de surface (§ 17) doivent être faits, dans le délai de six mois à dater de la présentation de la demande, à l'autorité minière compétente pour recevoir ladite demande.

6. — Il est ajouté au paragraphe 18 un 4e alinéa ainsi conçu :

Les défectuosités du plan de situation, qui ne sont pas rectifiées par l'Administration supérieure des mines du district (*Oberbergamt*), doivent être corrigées par le demandeur dans le délai de six semaines sur invitation de l'autorité minière. Sur la requête du demandeur, le délai peut être prolongé. Si les délais

impartis ne sont pas observés, la demande cesse dans son ensemble d'être valable.

7. — Après le paragraphe 19 est intercalé un autre paragraphe 19, *a*, ainsi conçu :

Si après renonciation ou en même temps qu'une renonciation à une demande, il est fait une nouvelle demande fondée sur la découverte qui motivait la précédente, ou une autre découverte du même minéral effectuée dans le même trou de sonde ou le même puits d'exploration, le délai fixé au paragraphe 18, alinéa 1, commence à courir, pour cette nouvelle demande, à dater de la présentation de la demande déposée en premier lieu. A l'expiration de six mois à dater de la présentation de la demande déposée en premier lieu, il ne peut être déposé de nouvelle demande fondée sur la même découverte ou une découverte du même minéral effectuée dans le même trou de sonde ou le même puits d'exploration.

Si une demande cesse dans son ensemble d'être valable en raison de la non-observation des délais fixés au paragraphe 18, alinéas 1 et 4, il ne peut être déposé de nouvelle demande pour la même découverte ou une découverte du même minéral effectuée dans le même trou de sonde ou le même puits d'exploration.

ARTICLE IV.

Au paragraphe 26, alinéa 2, les mots « lachters carrés » sont remplacés par les mots « mètres carrés ».

2. — Le paragraphe 27 reçoit la rédaction suivante :

Le demandeur en concession a droit :

1° Dans les cercles de Siegen et Olpe (gouvernement d'Arnsberg) et dans les cercles d'Altenkirchen et Neuwied (gouvernement de Coblentz), à un champ allant jusqu'à 110.000 mètres carrés ;

2° Dans toutes les autres parties du royaume, à un champ allant jusqu'à 2.200.000 mètres carrés.

Le point de la découverte doit toujours être compris dans le champ. La distance entre le point de la découverte et un point quelconque du périmètre ne doit pas être, si le champ a 110.000 mètres carrés (n° 1), inférieure à 25 mètres et supérieure à 500 mètres, et, si le champ a 2.200.000 mètres carrés (n° 2), inférieure à 100 mètres et supérieure à 2.000 mètres. Cette distance est calculée par la ligne la plus directe à travers le champ.

Le champ ne doit pas envelopper des parties de surface qui en resteraient indépendantes.

Au surplus, on peut donner au champ une forme quelconque, pourvu qu'elle réponde aux conditions du paragraphe 26 et que cette forme soit, de l'avis de l'Administration supérieure des mines du district, appropriée à l'exploitation.

Il n'est admis de dérogations aux prescriptions précitées relatives aux distances concernant le point de la découverte et la forme du périmètre, que si elles sont justifiées par des circonstances spéciales, indépendantes de la volonté du demandeur en concession.

3. — Le paragraphe 28 reçoit la rédaction suivante :

Aussitôt que la situation le permet, l'autorité minière doit fixer au demandeur en concession, et au moins quatorze jours à l'avance, une date à laquelle ce demandeur doit fournir sa déclaration définitive sur l'étendue et la délimitation du champ ainsi que sur les réclamations et les oppositions des tiers.

Si le demandeur en concession ne comparaît pas à la date fixée, il est admis qu'il maintient sa demande en institution de propriété minière pour le champ indiqué sur le plan (§ 17) et qu'il attend la décision de l'autorité minière sur cette demande ainsi que sur les réclamations et oppositions éventuelles de tiers.

ARTICLE V.

1. — A la fin de la IIIe section du IIe titre de la loi générale des mines, sont insérées les dispositions suivantes :

§ 38, *a*.

Les paragraphes 12 à 38 ne sont pas applicables en ce qui concerne les substances minérales désignées au paragraphe 2, alinéa 2. Les paragraphes 38, *b*, et 38, *c*, leur sont applicables.

§ 38, *b*.

La propriété minière des substances désignées au paragraphe 2, alinéa 2, est instituée au profit de l'État par le Ministre du Commerce et de l'Industrie.

L'institution de propriété n'a lieu que si la preuve est faite que la substance minérale a été découverte dans l'intérieur du périmètre à concéder et dans son gisement naturel, en quantité telle et de nature telle qu'une extraction de ce minéral, conduite selon les règles de l'art des mines et aboutissant à une utilisation économique, paraisse possible.

L'institution de propriété a lieu sous la forme d'un acte, muni du sceau et signé, qui doit contenir les mentions énumérées au paragraphe 34, chiffres 1 à 6, et être complété par un plan répondant aux prescriptions du paragraphe 17, alinéa 1, et dressé par un géomètre officiel (*Markscheider*) ou un arpenteur assermenté.

L'acte d'institution de propriété doit être publié par le *Moniteur officiel de l'Empire* et le *Moniteur officiel prussien.*

§ 38, *c.*

La propriété minière de l'État, établie comme il est dit au paragraphe 38, *b*, et portant sur les substances désignées au paragraphe 2, alinéa 2, peut être grevée d'une servitude telle que celui au profit de qui est créée cette servitude reçoit temporairement le droit, qu'il peut léguer et aliéner, de rechercher et d'extraire, conformément aux dispositions de la présente loi, les substances désignées au paragraphe 2, alinéa 2, ou certaines de ces substances, dans l'intérieur du périmètre indiqué par le plan de situation, et de faire au fond comme au jour toutes les installations nécessaires à cet effet.

Aussi longtemps qu'est en vigueur le droit d'extraction institué en vertu de l'alinéa 1er, sont applicables toutes les dispositions de la présente loi relatives aux droits et obligations du propriétaire de mine, possesseur de mine, exploitant de mine, à l'exception des paragraphes 39, 55, 65, 156 à 162 et 164, sous cette réserve que, au propriétaire de mine, est substitué l'usager autorisé à extraire.

Si un droit à l'extraction, de la nature de celui qui est prévu à l'alinéa 1er, est accordé à deux ou plusieurs ayants droit, les dispositions du titre IV de la présente loi sont applicables à leur situation juridique.

2. — Les 2e et 3e alinéas du paragraphe 50 sont remplacés par les dispositions suivantes :

Les dispositions du Code civil relatives aux biens-fonds sont applicables à la propriété minière et au droit à l'extraction institué en vertu du paragraphe 38, *c*, alinéa 1, sauf les dérogations résultant de la présente loi.

Sous la même réserve, les dispositions en vigueur pour l'acquisition de la propriété et les droits résultant de la propriété de biens-fonds sont applicables à la propriété minière et au droit à l'extraction institué en vertu du paragraphe 38, *c*, alinéa 1.

Les dispositions relatives aux droits particuliers (*selbständige*

Gerechtigkeiten) des articles 22, 28 de la loi d'exécution pour l'ordonnance sur les livres fonciers (26 septembre 1899), des articles 15 à 22 de la loi pour l'exécution de la loi d'Empire sur la vente forcée (23 septembre 1899) et de l'article 76 de la loi prussienne sur l'administration de la justice volontaire (21 septembre 1899), sont applicables au droit à l'extraction institué en vertu du paragraphe 38, *c*, alinéa 1.

Lors de l'institution d'un droit à l'extraction, il doit être établi pour ce droit une feuille spéciale au livre foncier. Mention en est faite sur la feuille afférente à la mine elle-même.

ARTICLE VI.

Le paragraphe 59, alinéa 1, reçoit la rédaction suivante :

Les chaudières à vapeur et les moteurs nécessaires à l'exploitation des mines et établissements de préparation mécanique (§ 58), ainsi qu'aux travaux de recherches, sont soumis aux prescriptions des lois sur l'industrie.

ARTICLE VII.

Le paragraphe 192, *a*, alinéa 2, reçoit la rédaction suivante :

La décision de l'Administration supérieure des mines (*Oberbergamt*), rendue par l'application du paragraphe 15, alinéa 1, chiffre 1, du paragraphe 27, alinéa 4, et du paragraphe 197, alinéa 1, peut être attaquée devant la Commission des mines (*Bergausschuss*) par la voie du contentieux administratif, dans le délai de deux semaines à dater de la notification.

ARTICLE VIII.

Indépendamment des dispositions de l'article 1er de la présente loi, restent en vigueur les dispositions des réglementations provinciales aux termes desquelles certaines substances visées à l'article 1er sont soumises au droit de disposition du propriétaire de la surface, ou bien aux termes desquelles d'autres substances que celles visées à l'article 1er sont soustraites à ce droit, ainsi que les dispositions de la loi générale des mines relatives à la transformation des concessions par couches en périmètres à projection verticale indéfinie.

Indépendamment des dispositions de l'article 1er de la présente loi, restent en vigueur tous les droits, existant au moment de son application, sur les minéraux visés à l'article 1er, chiffre 3,

ainsi que les droits à l'institution de propriété minière sur de telles substances, motivés par des demandes en concession antérieures à l'application de la présente loi.

De même il n'est rien modifié aux droits des anciens seigneurs d'Empire non médiatisés ainsi que de ceux qui jouissent, en vertu de titres juridiques spéciaux, d'un droit régalien ou d'autres privilèges sur les mines, dans certains districts, soit pour toutes les substances, soit pour certaines d'entres elles.

Dans la mesure où ces titres juridiques spéciaux justifient la prétention d'interdire à d'autres personnes la recherche ou l'extraction des substances minérales visées à l'article 1er, chiffre 3, ou bien d'exclure ces personnes de l'obtention ou de l'exercice du droit de propriété minière sur ces minéraux, la personne qui jouit d'un tel privilège peut revendiquer l'institution de la propriété minière sur les substances minérales ci-dessus visées, par application de celles des dispositions de la loi générale minière du 24 juin 1865 qui étaient applicables avant l'entrée en vigueur de la présente loi.

ARTICLE IX.

Pour les demandes en concession qui ont été introduites avant l'application de la présente loi, la décision doit être rendue conformément aux prescriptions légales antérieurement en vigueur, sous réserve des dispositions du paragraphe 192, alinéas 2 et 3.

ARTICLE X.

Les demandes en concession introduites par application de la loi du 5 juillet 1905, modifiant la loi générale minière du 24 juin 1865-1892, mais rejetées par les autorités qui ont compétence pour l'institution de propriété minière, donnent au demandeur en concession — à moins que les voies de recours ne lui soient déjà ouvertes par l'application du paragraphe 23 de la loi générale minière — le droit de revendiquer en justice contre l'État, dans le délai de trois mois à dater de la promulgation de la présente loi, l'institution de la propriété minière ; au cas où la décision de rejet de la demande en concession ou la sentence de l'autorité devant laquelle a été introduit le recours (§ 191 de la loi générale minière) a été notifiée seulement après la promulgation de la présente loi, le délai est de trois mois à dater de cette notification.

Si ce délai n'est pas observé, le droit d'intenter une action contre l'État devient caduc.

ARTICLE XI.

Si, entre des champs ou parties de champ, déjà concédés avant l'entrée en vigueur de la présente loi pour l'extraction des substances visées à l'article 1er, chiffre 3, il se trouve des parties de surface libres totalement ou partiellement enveloppées, et si ces parties de surface sont, par leur forme ou leur étendue, ainsi constituées qu'une organisation autonome de l'extraction ne serait pas rémunératrice, les propriétaires limitrophes peuvent réclamer l'institution de propriété minière pour les parties de surface ainsi enveloppées, et cela par application des dispositions de la loi générale minière qui étaient applicables avant l'entrée en vigueur de la présente loi.

La décision de l'Administration supérieure des mines du district (*Oberbergamt*) peut être déférée devant la Commission des mines (*Bergausschuss*) par la voie du contentieux administratif, dans le délai de deux semaines à dater de la notification.

La décision de la Commission des mines peut être attaquée devant le Tribunal administratif supérieur par la voie de la revision.

ARTICLE XII.

Si des travaux d'exploration ont été entrepris, avant le 1er février 1907, en vue de rechercher des sources salées se trouvant dans le même gisement que les sels visés à l'article 1er, n° 3, alinéa 1, et si ces travaux n'ont pas, jusqu'à l'entrée en vigueur de la présente loi, abouti à la découverte de telles sources, ces travaux d'exploration peuvent être continués. Si, dans l'année qui suit l'entrée en vigueur de la présente loi, ces travaux ont pour résultat la découverte de pareilles sources, l'inventeur conserve le droit de demander l'institution de propriété minière sur la source salée par application des dispositions jusque-là en vigueur de la loi générale minière.

L'État est autorisé à réclamer, contre indemnité, la renonciation à la découverte, dans le délai de trois mois à dater de la fin du jour de la demande en concession. Pour le calcul de l'indemnité, il ne sera toutefois tenu aucun compte du profit qui pouvait résulter pour l'intéressé de l'exploitation ultérieure de la source.

ARTICLE XIII.

Dans les autres lois modifiées par la présente loi, les dispositions nouvelles seront substituées aux dispositions anciennes.

ARTICLE XIV.

La présente loi entrera en vigueur le 8 juillet 1907.

Le Ministre du Commerce et de l'Industrie est chargé de son exécution.

NOTE

SUR LES

MOYENS D'ÉVALUER L'EFFECTIF DE MATÉRIEL ROULANT

NÉCESSAIRE A UN CHEMIN DE FER EN EXPLOITATION

Par M. WORMS DE ROMILLY, Inspecteur général des Mines.

En 1906, une crise intense a désorganisé en Europe le trafic des chemins de fer ; elle a été la conséquence d'un développement inattendu de l'industrie ; elle a été aggravée par une insuffisance du matériel de transport, que la plupart des administrations n'avaient pas augmenté en temps utile, comme elles auraient dû le faire.

Dans toutes les branches du commerce, les périodes de prospérité alternent avec des périodes d'affaissement. Quand les profits diminuent, on est porté à réaliser des économies, et il arrive que les moyens de faire face aux exigences de la situation font ensuite défaut, lorsque les affaires reprennent trop rapidement. Ces éventualités peuvent n'affecter que les chefs d'industrie, mais elles peuvent aussi affecter la masse du public ; elles provoquent alors naturellement de très vives réclamations. Dans le cas des chemins de fer, qui constituent des monopoles exclusifs le plus souvent de toute concurrence sérieuse, les intéressés, c'est-à-dire les expéditeurs, ont le droit de se montrer d'autant plus exigeants qu'ils ne peuvent pas s'adresser, en général, à d'autres transporteurs.

Il y aurait donc grand intérêt à adopter, si cela est possible, des dispositions de nature à empêcher des crises comme celle de 1906 ou susceptibles, tout au moins, d'en atténuer la gravité.

Pour atteindre ce but, deux problèmes sont à résoudre : il s'agit de reconnaître si l'on peut prévoir avec quelque approximation le trafic d'un réseau de chemin de fer plusieurs années à l'avance, et, en supposant cela possible, comment on peut déterminer la quantité de matériel roulant nécessaire à une compagnie en pleine exploitation.

Si l'on trace un graphique en prenant pour abscisses les millésimes et pour ordonnées le trafic soit des voyageurs, soit des marchandises, on obtient des lignes polygonales de formes très variables avec les différents réseaux de chemins de fer. Les tracés sont d'autant plus irréguliers que les réseaux ont une moindre étendue. Avec des réseaux importants, il y a plus de régularité, par suite des compensations qui s'établissent entre les diverses régions desservies.

Le trafic comporte des éléments multiples, voyageurs, messageries, animaux vivants, marchandises de petite vitesse. Dans une étendue limitée de pays, ils subissent à peu près tous des fluctuations analogues aux mêmes époques, ce qui autorise à ne prendre en considération que les principaux éléments, par exemple les voyageurs et les marchandises de petite vitesse. Sur un réseau donné, d'une année à l'autre, le parcours moyen de chaque voyageur et celui de chaque tonne de marchandises changent peu ; il en est de même du rapport du nombre des voyageurs au nombre des tonnes de marchandises transportées. Par conséquent, si l'on se propose de comparer les trafics d'un réseau ou d'un ensemble de réseaux à différentes époques pour des périodes d'une année chacune, il est presque indifférent de prendre la somme du nombre des voyageurs-kilomètres et du nombre des tonnes-kilomètres de marchandises, ou la somme du nombre des voyageurs et du nombre des tonnes de marchandises transportées, ou toute autre combinaison analogue.

La *fig.* 1 donne les trafics en voyageurs et tonnes-

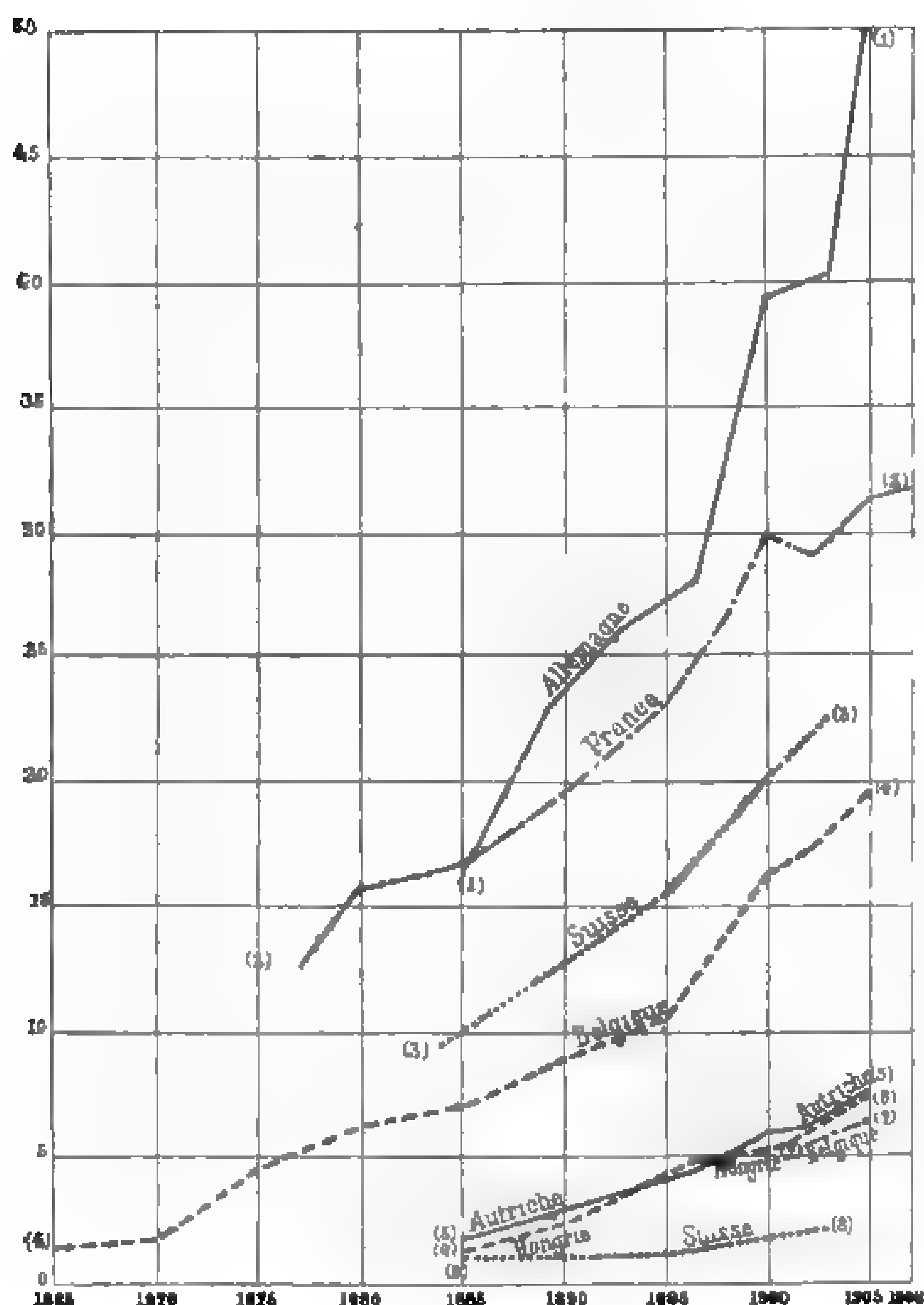


Fig. 1. — Trafics annuels.

L'unité de longueur des ordonnées représente :

Pour les courbes 1, 2, 5, 6. 7. 8.....	10^9 voyageurs ou tonnes-kilomètres
Pour la courbe 3	10^8 — —
Pour la courbe 4	10^7 voyageurs ou tonnes à toutes distances.

kilomètres pour l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, la France, la Hongrie et la Suisse, à l'échelle de $0^m,003$ pour 10^9 unités, voyageurs ou tonnes-kilomètres. On n'a pas compté la totalité du trafic, parce que toutes les statistiques ne la donnent pas ; mais on en a pris la partie la plus importante. Pour rendre plus sensibles les variations du trafic de la Suisse, on l'a représenté à la fois à l'échelle précitée et à une échelle dix fois plus grande ; enfin le trafic des chemins de fer de l'Etat belge, évalué en voyageurs et en tonnes à toutes distances depuis 1865, fait l'objet d'un tracé spécial à l'échelle de $0^m,003$ pour 10^7 unités.

On voit que le trafic a augmenté avec une sensible régularité depuis 1885. Pour la France, en particulier, de 1885 à 1906, il y a une différence de $16,3 \times 10^9$ unités, ce qui correspond à une augmentation moyenne de $8,1 \times 10^8$ par an. Le trafic réel se confond presque exactement, pour chaque année, avec celui calculé d'après cette moyenne, sauf aux environs de l'année 1900, qui a donné lieu à une exagération de trafic suivie d'une dépression, comme cela devait naturellement se produire à cause de l'Exposition universelle à Paris. L'augmentation annuelle représente 2,48 p. 100 du trafic de 1905. En Suisse, l'augmentation annuelle serait de $67,5 \times 10^6$ ou de 3,04 p. 100 du trafic de 1903. En Belgique, l'unité statistique est le voyageur ou la tonne de marchandises transporté à distance quelconque ; l'augmentation annuelle correspondante, comptée de 1895 à 1906, serait de 4,28 p. 100. Les chemins de fer allemands donnent une progression bien supérieure de 9,09 p. 100 par an pour la période de 1900 à 1904, un peu plus faible, mais encore très élevée, pour la période de 1885 à 1900.

On est donc fondé à admettre que, au moins jusqu'à présent, les transports augmentent tous les ans et le font assez régulièrement. Si, au lieu de considérer l'ensemble

des voies ferrées d'un pays, on ne s'occupe que de l'un des réseaux qui forment cet ensemble, les variations d'une année à l'autre sont plus grandes; mais, pour une série de quelques années, les résultats s'inscrivent autour d'une courbe moyenne de forme régulière. Quand le trafic a momentanément baissé ou est resté à peu près le même pendant quelque temps, cette situation est le prélude assuré d'une augmentation rapide. Sans doute on finira par arriver à un état d'équilibre, peut-être même à une période de maximum suivie d'une période de décroissance continue; mais on n'en est pas encore là, même dans les pays à population dense et à industrie puissante comme la Belgique.

Le matériel roulant des chemins de fer ne peut pas se fabriquer à l'avance, en Europe du moins, parce qu'il s'agit d'unités coûteuses, dont on n'est pas encore parvenu à arrêter des types définitifs, acceptés par toutes ou presque toutes les administrations de chemins de fer; il y a même tendance dans certains pays à varier sans cesse les types, ce qui, au point de vue technique, offre l'avantage de rendre les progrès plus rapides et les engins particulièrement aptes à effectuer le travail auquel ils sont destinés; par contre, une usine en mesure d'exécuter assez rapidement un type d'unités déterminé ne peut, si les dispositions sont modifiées, livrer les commandes qu'avec d'assez longs délais. Comme toutes les administrations d'un même pays ont généralement à faire face en même temps à un accroissement de trafic, des retards importants se produisent dans la livraison du matériel au moment où l'augmentation de ce matériel serait le plus nécessaire. Dans ces conditions, on a toujours à craindre une crise de l'industrie des transports au cours des périodes de prospérité commerciale. Pour parer à cette éventualité, il suffirait évidemment de prévoir quel sera le trafic probable quelques années à l'avance, quatre ou cinq au

plus, et de régler les commandes *sans trop se préoccuper des nécessités immédiates.*

Nous venons de voir que le sens et la quotité de l'augmentation moyenne annuelle de trafic paraissent pouvoir être évalués quelques années à l'avance ; mais ce seul renseignement ne permettrait de résoudre le problème qui se pose que si un certain nombre d'unités de trafic exigeait en toutes circonstances un nombre toujours le même d'unités de moyens de transport. Il n'en est rien. Suivant le mode d'exploitation, suivant l'étendue des voies de garage, des voies de débord et des quais de déchargement, suivant les dispositions des gares de triage et de marchandises, suivant la nature du trafic et ses variations aux diverses époques de l'année, suivant les habitudes du personnel de l'exploitation à tous les degrés de la hiérarchie, la quantité de matériel roulant indispensable pour un trafic donné peut varier dans de très fortes proportions, du simple au double et même au delà ; il faut donc étudier la question, réseau par réseau, et prendre chaque réseau dans l'état où il se trouve. Que si l'on parvient à améliorer la disposition des voies et des gares, l'organisation des trains, la circulation du matériel vide, on pourra être conduit à réduire les augmentations prévues pour le matériel, mais dans une faible mesure, parce que ces améliorations ne seront pas assez rapides pour produire des effets de grande importance pendant la courte période pour laquelle on peut faire des prévisions bien justifiées sur le trafic. La quotité du matériel doit être évaluée dans chaque cas, c'est-à-dire pour chaque réseau de chemin de fer. Celui-ci peut ne pas former un tout homogène ; il suffit qu'il reste sensiblement le même d'une année à l'autre.

Nous avons d'abord à définir les unités de trafic qui serviront de base. Le choix en est assez facile à faire.

Pour le trafic des marchandises, la tonne-kilomètre est

tout indiquée ; pour les voyageurs, le voyageur-kilomètre se présente naturellement à l'esprit ; enfin, pour l'ensemble du trafic, il serait évidemment très commode de prendre la somme des tonnes-kilomètres et des voyageurs-kilomètres ; seulement la solution n'est acceptable que si les deux unités combinées sont à peu près équivalentes au point de vue de l'effort de traction qu'elles exigent. Si, en effet, les places de voyageurs offertes doivent varier sur une ligne donnée proportionnellement au nombre annuel des voyageurs-kilomètres, et la capacité de chargement des wagons proportionnellement au nombre des tonnes-kilomètres à transporter, la puissance des machines doit être en rapport avec le travail à produire, c'est-à-dire avec la totalité des tonnes-kilomètres et des voyageurs-kilomètres correspondant à une année, pourvu que la tonne de marchandises exige, pour être transportée à 1 kilomètre, le même effort qu'un voyageur transporté à la même distance.

Il est difficile de démontrer d'une manière générale dans quelle mesure cette assertion est exacte. Nous avons cherché à la vérifier pour ceux des grands réseaux français dont la statistique fournit les éléments nécessaires. Nous avons trouvé que les voitures et les wagons de trois grandes administrations de chemin de fer d'intérêt général donnent respectivement par voyageur et par tonne de marchandises des poids moyens transportés de 835 kilogrammes et de 2.995 kilogrammes. Il n'a pas été tenu compte des locomotives, et on a admis que chaque train de voyageurs comportait deux fourgons ; en fait, il y en a toujours davantage, à cause des véhicules affectés au transport des messageries ; mais ceux-ci doivent être laissés de côté comme les messageries elles-mêmes.

Le poids à transporter par unité kilométrique est beaucoup plus faible dans le cas des voyageurs que dans celui des marchandises ; mais il y a un autre élément à consi-

dérer, la vitesse de marche. Les tableaux de charges limites de machines indiquent comment varie la charge maxima avec la vitesse. Par exemple, pour les locomotives du Paris-Lyon-Méditerranée à 4 roues couplées de la série 111-400, la plus forte charge admise sur les profils faciles, à faibles déclivités et à courbes de grands rayons, est respectivement de 1.493; 1.278; 594 et 510 tonnes à des vitesses de 15, 20, 45 et 50 kilomètres à l'heure. On peut conclure de là qu'en ce qui concerne l'effort de traction un voyageur représentant 835 kilogrammes transportés à la vitesse de 50 kilomètres à l'heure est à très peu près équivalent à une tonne de marchandises représentant 2.995 kilogrammes transportés à la vitesse de 15 à 20 kilomètres à l'heure. On voit que, pour la France au moins, il y a équivalence entre les efforts v et t nécessaires pour la traction d'un voyageur ou d'une tonne de marchandises. Au reste, ce qu'il s'agit de comparer, c'est la puissance capable, à des époques peu éloignées l'une de l'autre, de remorquer le trafic sur un même réseau. Or, à trois ou quatre années de distance et pour des périodes comparables, d'une année par exemple, le rapport des voyageurs-kilomètres aux tonnes-kilomètres varie peu dans une même compagnie. S'il y a V voyageurs et T tonnes, l'effort par unité remorquée sera en moyenne de $\frac{V \cdot v + T \cdot t}{V + T}$. Si V et T augmentent tous deux dans le rapport de a à $1 + a$, l'effort moyen par unite remorquée ne changera pas. Il n'est donc nullement indispensable, au point de vue des comparaisons dont il vient d'être question, que l'équivalence entre v et t soit aussi complète qu'elle paraît l'être en France.

Nous n'avons considéré que les voyageurs et les marchandises de petite vitesse, laissant de côté les animaux vivants, les messageries et les bagages, qui sont loin de

constituer une quantité négligeable. Cette omission n'est légitime que si le trafic ainsi négligé est toujours sensiblement proportionnel à l'ensemble du trafic, dont il est tenu compte. La vérification de cette hypothèse ne peut se faire qu'approximativement. En France, le seul élément dont on puisse se servir est le montant des recettes. Pour les deux années 1898 et 1903, le rapport des recettes totales grande vitesse et petite vitesse, accessoires compris, a été de 109,7 ; pour les mêmes années, le rapport des recettes grande vitesse et petite vitesse, sans les accessoires, a été de 108,3. Or une période de cinq ans est une limite extrême pour la prévision des variations du trafic, si l'on veut arriver à des résultats offrant réellement quelques garanties d'exactitude. L'erreur, en laissant de côté les messageries et autres transports accessoires, ressort, dans l'exemple que nous venons d'indiquer, à 0,28 p. 100 par an ; elle n'a aucune importance.

En Allemagne, la statistique donne le nombre des voyageurs-kilomètres et celui des expéditions de toutes sortes évaluées en tonnes-kilomètres. Prenons, d'une part, la somme des voyageurs-kilomètres et des tonnes-kilomètres de marchandises petite vitesse ; d'autre part, cette somme augmentée des tonnes-kilomètres représentant les messageries, les bestiaux et autres transports accessoires ; le rapport des premiers nombres pour les deux années 1902 et 1898 est de 1,143, celui des seconds nombres est de 1,135. L'erreur, en ne faisant entrer en ligne de compte que les marchandises petite vitesse et les voyageurs, serait donc inférieure à 0,20 p. 100 par an.

Ces résultats étaient à prévoir, parce que, dans les chemins de fer, il existe toujours d'étroites relations entre les divers éléments du trafic. La prospérité d'une grande industrie est rarement un fait isolé ; la plupart des autres industries sont soumises aux mêmes influences.

Aussi, sur les chemins de fer, tous les genres de transport augmentent en général en même temps. Par conséquent, pour comparer le trafic d'une même compagnie à deux dates différentes et pas trop éloignées, on peut prendre comme éléments soit le nombre des tonnes-kilomètres, soit le nombre des tonnes chargées sur le réseau dans des wagons quelconques, soit le nombre de tonnes chargées sur le réseau dans des wagons lui appartenant. A condition de relever les quantités correspondant à des périodes égales, d'une durée suffisante et semblablement réparties au cours des deux années comparées, les résultats seront à peu près identiques.

Les considérations précédentes montrent que l'on est fondé, en vue de la détermination du matériel moteur, à regarder les voyageurs et les tonnes-kilomètres comme équivalents et à ne faire entrer en ligne de compte qu'une partie du trafic des marchandises, par exemple celui de la petite vitesse, mais à la condition expresse qu'il s'agisse d'examiner les périodes successives d'une même compagnie ou de deux compagnies placées dans des conditions à très peu près semblables. S'il s'agit, au contraire, de comparer des compagnies de chemins de fer quelconques, il faudrait opérer avec plus de circonspection, comme nous le verrons plus loin.

Nous avons déjà fait remarquer que les grandes compagnies de chemins de fer ne sont pas encore parvenues en Europe, ni *a fortiori* dans le reste du monde, à leur trafic maximum, et que, malgré les irrégularités qui se produisent d'une année à l'autre, il y a accroissement constant et assez régulier pour des périodes de quelques années. Nous venons aussi de voir que, pour une compagnie donnée, on pouvait se contenter de relever les variations du trafic voyageurs et celles du trafic marchandises petite vitesse. En traçant les courbes de ces deux trafics et de leur somme, on se rendra aisément

compte de l'augmentation moyenne annuelle probable pour une période ultérieure de trois ou quatre années. En France, l'accroissement est à peu près constant depuis vingt ans ; par conséquent, l'augmentation p. 100 va toujours en diminuant ; elle était de 4,42 en 1887, elle n'est plus que de 2,43 en 1905.

D'une administration à l'autre, dans un même pays, les résultats sont très différents. Ainsi, pour quatre des compagnies françaises, la comparaison des exercices 1895 et 1906 donne par an les augmentations moyennes inscrites dans le tableau suivant, en prenant pour unité les trafics de 1895:

	Nord p. 100	P.-L.-M. p. 100	Midi p. 100	P.-O. p. 100
Voyageurs	2,27	3,98	2,98	4,20
Marchandises petite vitesse	4,58	2,91	2,29	4,20
Voyageurs et marchandises petite vitesse	3,91	3,32	2,54	4,20

Il faut donc, pour chaque compagnie, faire une étude spéciale des variations du trafic. Lors de l'évaluation des prévisions pour les années à venir, on aura à rechercher si des circonstances particulières sont de nature à développer ou à restreindre le trafic. C'est ainsi que les transports des chemins de fer de l'Est, qui avaient une marche très régulière de 1895 à 1903, avec un léger excédent en 1899 et 1900 et une dépression du même ordre en 1902, ont éprouvé un accroissement considérable à partir de 1903, à cause de la mise en exploitation des mines de fer de Meurthe-et-Moselle. En dehors de ces cas particuliers, le trafic normal sera facile à déterminer, en faisant le graphique des trafics annuels pour les années écoulées et en traçant la courbe moyenne, qui en représente le mieux l'ensemble.

Voyons maintenant comment on doit évaluer le matériel roulant.

Pour le transport des marchandises, l'unité à prendre

est la capacité en tonnes des véhicules. Il n'est certainement pas indifférent pour une compagnie d'avoir des wagons de 10, 20, 30 ou 40 tonnes ; la proportion à maintenir entre ces diverses catégories, variable d'une compagnie à l'autre, change peu dans une compagnie au cours des années successives, à moins de circonstances très exceptionnelles, comme le développement d'une nouvelle industrie. Dans certains cas, il est plus commode et plus économique de posséder de grands wagons ; mais, pour la presque totalité du trafic, on peut, sans inconvénients sérieux, employer des wagons de 10 tonnes. Ce qui importe, c'est d'avoir un matériel de capacité suffisante pour pouvoir transporter le tonnage de marchandises présenté au chemin de fer. La répartition des capacités entre les divers types de véhicules est une question relativement secondaire à résoudre au moment de faire des commandes de matériel, d'après l'état plus ou moins satisfaisant du matériel en service et d'après les prévisions que l'on peut former au sujet des transports les plus importants qui seront à effectuer. La mise en exploitation d'un nouveau bassin minier rendra très désirable la construction de wagons de grande capacité ; celle de vastes forêts nécessitera des wagons spéciaux : ce sont là des cas particuliers qui ne se présentent que de loin en loin.

Pour les voyageurs, on pourrait à la rigueur se borner à considérer le nombre des voitures ; cependant, comme on remplace de plus en plus les voitures à faible empattement par d'autres plus grandes et plus confortables, il est plus rationnel de prendre pour base le nombre des places offertes.

Les locomotives doivent satisfaire à des conditions très variables suivant le service qui leur est demandé ; les lignes secondaires n'exigent que des machines peu puissantes ; les grandes lignes, au contraire, réclament des ma-

chines capables de remorquer de lourdes charges à grandes vitesses ou des charges encore plus considérables à vitesses réduites. Bien que l'opinion opposée ait été souvent soutenue, il parait y avoir presque toujours avantage à réaliser la plus grande vitesse compatible avec un nombre suffisamment limité de trains. Un train à marche lente consomme moins de combustible, coûte moins cher en tant que traction; mais il encombre les voies, gêne l'exploitation, diminue le rendement des wagons, en prolongeant la durée du temps pendant lequel ils sont occupés pour un transport déterminé. Il ne faut donc pas se borner à considérer les frais de traction; les dépenses indirectes, difficiles à évaluer exactement, seront le plus souvent supérieures aux économies de combustible et de personnel, que l'on peut calculer avec précision et auxquelles, pour ce fait, on est porté à accorder une importance prépondérante.

Les machines de faible puissance conviennent seules sur certaines lignes, tandis que les artères principales exigent des locomotives capables de produire de très grands efforts; on ne saurait donc se contenter d'avoir des machines d'une puissance totale suffisante; il faut, en outre, en posséder une quantité minima déterminée par le nombre et non par la charge des trains, une partie des machines pouvant être de force réduite. Il est évident, d'ailleurs, que, les conditions générales d'un réseau ne changeant jamais que d'une façon lente et progressive, il n'y a pas d'inconvénients à évaluer l'augmentation nécessaire du matériel de locomotives d'après la force en chevaux-vapeur correspondant à l'accroissement du tonnage à transporter; suivant les circonstances, on réalisera cette force en machines de tel ou tel type.

Il serait sans intérêt de chercher à calculer rigoureusement la force des machines, en admettant même que cela soit possible. Parmi les formules qui ont été pro-

posées, la suivante est une des plus simples et des plus acceptables :

$$F = K \sqrt{C \cdot G \cdot p}.$$

F est la puissance en chevaux-vapeur de 75 kilogrammètres ;

K est un coefficient dont la valeur est prise égale à 18 ou 20, suivant que le diamètre des roues motrices est inférieur à 1,50 ou non ;

G est la surface de la grille comptée en mètres carrés ;

C est la surface de chauffe directe, en mètres carrés, augmentée du tiers de la surface de chauffe tubulaire, calculée d'après la surface léchée par les gaz de la combustion ;

p est le timbre de la chaudière en kilogrammes.

La formule est assez exacte pour les machines à simple expansion et à grands foyers ; elle donne une évaluation trop faible pour les locomotives à foyer profond et pour celles du système compound. Dans le cas où il y a surchauffe, le facteur C devrait tenir compte de la surface du surchauffeur ; mais on n'a pas de résultat d'expériences permettant de préciser la fraction de cette surface à compter dans la valeur de C. Les chemins de fer allemands possèdent seuls aujourd'hui en Europe une proportion notable de machines à appareils surchauffeurs ; il n'y a donc que pour eux que la question peut se poser actuellement.

La puissance des machines pourrait être déduite, à la rigueur, de leurs poids en ordre de marche, tenders non compris. En admettant l'exactitude de la formule précitée, les données statistiques montrent que la puissance correspondant à une tonne de locomotive varie entre 14 et 18 chevaux-vapeur, le dernier nombre s'appliquant aux machines compound et le premier aux machines à simple expansion sans surchauffeurs ; faute d'autres renseigne-

ments, on pourrait donc évaluer la puissance des machines d'après leur poids.

Ayant ainsi arrêté le mode d'évaluation des moyens de transport pour les voyageurs et pour les marchandises petite vitesse, ainsi que celui des moyens de traction pour l'ensemble des deux trafics, connaissant d'autre part la valeur moyenne actuelle du trafic et sa valeur probable dans les trois ou quatre années suivantes, on est en mesure de calculer la quotité du matériel nécessaire pour les prochains exercices (machines, voitures, wagons). Les fourgons doivent faire l'objet d'un examen spécial; leur quantité dépendra du nombre de trains-kilomètres de voyageurs et de l'importance des transports de messageries.

Pour chaque compagnie de chemin de fer, après avoir défini le trafic normal, il faut déterminer la quantité de matériel nécessaire à une exploitation effectuée dans des conditions satisfaisantes.

Aucune règle générale ne peut être posée à cet égard; chaque réseau a ses caractéristiques propres; avec un trafic intense et régulier, il faut, par million d'unités kilométriques, beaucoup moins de matériel que dans le cas d'un trafic faible ou sujet à de grandes variations périodiques. On doit donc chercher pour chaque rséeau une époque pendant la durée de laquelle le matériel roulant était suffisant et sans excès; à un tel moment, les wagons inutilisés ne sont pas en nombre exagéré; les réparations et les nettoyages peuvent s'effectuer avec soin et en temps utile. La période satisfaisant à cette condition pourra ne pas être la même pour les machines, les voitures et les wagons; il y a donc lieu de procéder à cette étude de la manière la plus attentive. On ne tiendra pas compte des acoups, qui se produisent sur tous les chemins de fer pendant quelques jours, à Pâques et à la Pentecôte par exemple, pour les voyageurs. Une compagnie doit

pouvoir faire face à ces mouvements intensifs de peu de durée, en ajournant les réparations non urgentes, en faisant sortir des ateliers tout le matériel susceptible de servir, en augmentant le parcours journalier des unités, en établissant la double équipe ou la banalité pour les machines. Ce sont là des moyens de fortune, mais dont l'usage est licite et qui jouent le rôle du volant dans les machines à vapeur.

Une réserve importante s'impose cependant sur ce point. Il y a des réseaux sur lesquels se reproduit, chaque année, une grande intensité de trafic, soit de voyageurs, soit de marchandises, soit des deux à la fois. Si cet effet se fait sentir pendant une durée de temps un peu prolongée, les palliatifs dont il vient d'être question, en y joignant même la location de wagons aux sociétés dont ce genre de commerce est la spécialité, et l'emploi plus ou moins abusif du matériel étranger retenu dans ce but sur le réseau, peuvent être insuffisants. Il est alors de toute nécessité que la compagnie possède une proportion de matériel un peu forte pour les temps ordinaires. Il convient donc de faire, après les poussées périodiques de trafic intense, une étude spéciale pour rechercher s'il ne serait pas indispensable d'augmenter le matériel au delà de ce qu'exigerait le trafic normal du reste de l'année.

La ou les périodes convenables trouvées, on déduira des données statistiques correspondantes la force en chevaux-vapeur des locomotives, le nombre de places des voitures, la capacité en tonnes des wagons dont il faut disposer par million d'unités kilométriques à transporter. Ces quantités, que l'on peut appeler coefficients-machines, coefficients-voitures, coefficients-wagons, serviront de base pour calculer l'effectif de matériel roulant exigé par un trafic donné, et en conséquence le matériel à construire en vue d'assurer un bon service d'exploitation. Ils seront très différents d'une compagnie à l'autre ; dans une même

compagnie, ils varieront très lentement. Ils tendront tous à diminuer à mesure que l'on améliorera le mode d'exploitation, les dispositions des gares, etc., etc.; les coefficients-machines tendront à croître quand la vitesse moyenne de l'ensemble des trains ou le poids moyen par place de voiture augmentera. Le résultat final dépendra de la situation de la compagnie. D'une manière générale, la diminution est probable pour les coefficients-wagons; il y a doute pour les coefficients-voitures et probabilité d'augmentation pour les coefficients-machines.

Nous n'avons pris en considération dans cette étude que les changements qui peuvent se produire dans le trafic. Un autre élément peut intervenir et intervient, en fait, surtout depuis quelques années. Il s'agit des changements brusques apportés à la durée moyenne du travail des agents, soit que des réductions soient consenties par les administrations sur les réclamations des ouvriers, soit que ces réductions soient imposées par une loi. Pour ne citer qu'un exemple, l'interdiction d'opérer les manutentions de marchandises le dimanche doit rendre nécessaire une augmentation de près de $\frac{1}{7}$ dans l'effectif du matériel roulant à marchandises, les autres circonstances d'exploitation restant les mêmes. En pareil cas, les coefficients-wagons, qui convenaient à la période antérieure, devront, en particulier, subir une augmentation brusque pour tenir compte des conditions nouvelles du trafic. La grandeur de cette augmentation est d'ailleurs susceptible d'atténuations plus ou moins importantes, lorsqu'il sera possible de modifier certaines parties du service d'exploitation, d'accélérer les transports, de diminuer la durée des délais de chargement et de déchargement, etc. Les locomotives donneraient lieu à une observation du même genre pour les compagnies qui n'admettent pas le système de la banalité. Leur effectif

doit être augmenté quand la durée moyenne journalière du travail des mécaniciens est réduite, et quand l'écart autorisé entre cette durée moyenne et le maximum fixé pour une période quelconque de vingt-quatre heures consécutives est diminué. Nous ne nous étendrons pas davantage sur ce côté de la question, qu'il nous a paru cependant utile d'indiquer.

Si V_a, T_a désignent, en millions d'unités, le trafic-voyageurs normal et le trafic-marchandises petite vitesse normal pour l'année 1900 $+ a$, la quotité du matériel correspondant, en appelant C_v, C_w, C_m les coefficients-voitures, coefficients-wagons et coefficients-machines, sera :

Pour les voitures..	$C_v V_a$	en places offertes
Pour les wagons...	$C_w T_a$	en tonnes de capacité
Pour les machines.	$C_m (V_a + T_a)$	en chev.-vapeur de puissance

Dans les b années suivantes, le trafic augmentera respectivement de $b.\,dV_a$; $b.\,dT_a$; $b.\,d(V_a + T_a)$, où dV_a est l'augmentation annuelle probable du trafic V_a. Pour parer à cette variation du trafic, il faudra construire un nouveau matériel, qui peut, en première approximation, être évalué comme il suit :

Pour les voitures	$C_v \, . \, b \, . \, dV_a$
Pour les wagons................	$C_w \, . \, b \, . \, dT_a$
Pour les machines.............	$C_m \, . \, b \, . \, d(V_a + T_a)$

Ces évaluations sont sensiblement correctes, quand il s'agit d'une ligne à très fort trafic ; mais, dans une grande compagnie de chemin de fer dont toutes les lignes ne desservent pas des régions peuplées et industrielles, l'augmentation de trafic se produit, au moins en partie, sur des lignes qui n'ont encore qu'un trafic réduit. Sur ces lignes, des transports beaucoup plus importants que ceux qui ont effectivement lieu se feraient facilement sans

qu'il soit nécessaire d'accroitre ni le nombre des voitures, ni celui des wagons, ni celui des trains; dès lors, dans le calcul du matériel nouveau à construire, il ne faut parfois compter qu'une fraction de l'augmentation du trafic.

La détermination des coefficients C en 1900 + *a* demande une étude approfondie des résultats donnés par l'exploitation dans les exercices précédents, et nous avons indiqué plus haut comment l'on doit procéder. Il est bien certain que cette recherche est délicate; les circonstances qui distinguent une période normale au point de vue des voitures, ou des wagons, ou des machines, ne peuvent être définies d'une manière précise; un bon chef d'exploitation aura nettement l'impression que telle période a été normale à tel ou tel point de vue; il ne commettra pas d'erreurs comparables à celles que pourrait entraîner l'application de règles déduites des principes théoriques les plus rationnels; car celles-ci ne tiendraient jamais compte de tous les éléments à considérer.

Le rapport du nombre des unités de matériel au nombre des millions d'unités de trafic correspondant pendant une période où l'exploitation s'est faite dans des conditions satisfaisantes donnera les coefficients-voitures, wagons et machines. Il ne faut pas oublier que les coefficients, même s'ils sont exacts à l'époque pour laquelle ils ont été déterminés, ne resteront pas immuables ; ils peuvent et doivent même varier avec le temps dans chaque compagnie. Si, par exemple, la vitesse des trains s'accroît en moyenne de 5 p. 100, la puissance motrice indispensable pour un trafic restant le même devra augmenter, et augmenter de plus de 5 p. 100. On pourra donc être conduit à admettre des coefficients différents pour des périodes successives, même assez courtes, en ce qui concerne les locomotives.

Les résultats obtenus auront besoin, pour être appliqués, de subir une transformation. Il faut choisir les catégories

de matériel à construire, substituer, par conséquent, aux nombres de places, de tonnes et de chevaux-vapeur trouvés, les nombres de voitures, de wagons et de machines à commander. Le choix des types dépendra de la nature du trafic à satisfaire et de l'état du matériel existant. Il sera arrêté d'après les indications fournies par le service de l'exploitation, qui doit avoir à cet égard suprématie sur les autres services. Un chemin de fer, au moins quand il y a monopole, a pour mission d'effectuer les transports dans les conditions les plus favorables à l'intérêt général et compatibles avec une bonne gestion des intérêts propres de la compagnie. Il appartient au service de la traction de donner satisfaction aux desiderata de l'exploitation et non d'imposer sa manière de voir pour diminuer ses dépenses propres ou pour tout autre motif. Si un wagon met quinze jours au lieu de huit à effectuer un transport, la compagnie aura besoin de deux fois plus de wagons, de deux fois plus de voies de garage, etc. On économisera un peu sur la traction ou sur le personnel, on perdra le double en intérêts de dépenses de premier établissement. Le service de la voie, de son côté, doit mettre les lignes en état de supporter les charges et les vitesses nécessaires pour une exploitation rationnelle et de nature à satisfaire le public. Les différences que présentent les coefficients d'exploitation de différentes compagnies tiennent souvent en partie à des défauts d'entente de cet ordre.

Nous n'avons pas parlé jusqu'ici du matériel à réformer; l'équivalent du matériel retiré du service devra être ajouté aux évaluations dont il a été question précédemment ; ce sera chose facile, étant donné le mode de calcul adopté qui prend pour bases uniquement la capacité ou la puissance de transport des unités, de sorte que l'on tient compte automatiquement, s'il y a lieu, de la différence entre la capacité ou la puissance des unités

supprimées et celle des unités à construire. Observons à ce sujet que l'on se fait souvent une idée fausse de l'importance des réformes à opérer dans un matériel de chemin de fer pour le maintenir en bon état de service et pour le renouveler en temps utile.

On réforme des machines ou des véhicules parce qu'ils ont été gravement avariés dans un accident, ou parce qu'ils sont devenus irréparables à raison de l'usure de leurs pièces principales, ou parce qu'ils sont d'un type démodé et difficile à utiliser : trop faible capacité, trop faible puissance, empattement insuffisant. Le nombre des unités démolies pour avaries ou usure générale est toujours peu élevé en France. On peut réparer indéfiniment un wagon et le conserver en bon état ; c'est une question de prix de revient et de main-d'œuvre. Si celle-ci est relativement bon marché, il y a tout intérêt à réparer ; si elle est chère, comme aux États-Unis, on ne doit admettre que des réparations faciles à exécuter mécaniquement avec un minimum d'intervention des ouvriers. Il est alors préférable de faire rouler le matériel aussi longtemps qu'il est en état de rouler sans subir de grosses réparations, puis de le mettre à la ferraille et de le remplacer par des unités neuves, fabriquées en grandes quantités, sur un nouveau modèle aussi perfectionné que possible.

On dit quelquefois qu'une machine ne doit pas durer plus de quarante ans, un wagon plus de cinquante ans, une voiture plus de quarante ans. Or, il y a telle machine remontant presque à l'origine des chemins de fer qui peut rendre encore d'excellents services dans des conditions appropriées à son type. Quant aux wagons, comme l'on change successivement leurs diverses parties, il n'y a aucune raison de jamais les réformer pour cause d'usure. En réalité, l'expérience peut seule prononcer ; elle montre que, pour l'ensemble des réseaux français, dans la pé-

riode 1877-1904, il a été démoli, par an, en moyenne, 0,70 p. 100 de l'effectif des locomotives, 1,16 p. 100 de celui des voitures, 0,35 p. 100 de celui des wagons. Il est possible que ces proportions augmentent à l'avenir, parce que, dans quelques compagnies au moins, il existe des unités qui devraient disparaître, non pour cause d'impossibilité de les utiliser sans danger, mais faute de répondre aux exigences actuelles de l'exploitation. D'autre part, dans une compagnie dont le matériel renferme peu de vieux éléments, la proportion des unités à démolir sera nécessairement très faible pendant quelques années. Il y a là une étude minutieuse à faire pour chaque réseau et pour chaque catégorie de matériel ; ce n'est pas un problème à résoudre d'après des vues théoriques. On ne doit surtout pas oublier que les démolitions n'ont aucun caractère d'urgence. Elles sont à opérer de préférence pendant les périodes de stagnation du trafic, les plus vieux véhicules pouvant, aux moments de reprise importante des transports, contribuer très utilement à assurer le service et à empêcher une crise grave de se produire.

Les coefficients, même lorsqu'ils ont été déterminés avec soin pour une compagnie, peuvent changer de valeur d'année en année, puisqu'ils dépendent des conditions d'exploitation. Pour la même raison, ils différeront d'un réseau à l'autre. Mais, lorsque deux compagnies se trouveront dans des conditions de trafic analogues, les différences de leurs coefficients devront appeler l'attention ; celle des compagnies qui est la mieux administrée aura certainement les coefficients les plus favorables. Ceci nous conduit à examiner la question à un autre point de vue.

Au lieu de chercher à déterminer le matériel roulant nécessaire à une compagnie de chemin de fer, on peut se proposer de comparer les méthodes d'exploitation de diverses compagnies. La comparaison ne sera pas pos-

sible dans nombre de cas, parce qu'il sera souvent difficile, faute de renseignements, de reconnaître, par exemple, quel est le matériel roulant nécessaire dans une compagnie, telle qu'elle est exploitée, pour assurer convenablement le service. La statistique donnera presque toujours le nombre des voyageurs-kilomètres et celui des places offertes, ainsi que la capacité en tonnes des wagons. Le tonnage kilométrique des marchandises de grande et de petite vitesse n'est pas toujours indiqué, non plus que les éléments dont on peut déduire la force des machines en chevaux-vapeur.

Il y aurait cependant un véritable intérêt à pouvoir comparer les coefficients-machines, voitures et wagons, qui correspondent aux exploitations importantes dans différents pays. Il suffirait, pour réaliser ce desideratum, que les administrations de chemins de fer fournissent pour chaque exercice les moyens de faire des évaluations sur des bases uniformes, qui pourraient être les suivantes :

Pour les voyageurs, le nombre des places offertes, c'est-à-dire existant dans l'ensemble de toutes les voitures, et le nombre des voyageurs-kilomètres, sans distinction entre les voyageurs à tarif plein et ceux à tarifs réduits ;

Pour les marchandises, la capacité en tonnes des wagons, exclusion faite des véhicules servant au transport des messageries et des bagages, et le nombre des tonnes-kilomètres de marchandises, bagages et messageries exclus ; les animaux vivants seraient évalués en poids, comme on le fait dans la statistique allemande ;

Pour les locomotives, la puissance en chevaux-vapeur et la somme des unités de trafic, voyageurs-kilomètres et tonnes-kilomètres de marchandises de toutes espèces, petite vitesse et grande vitesse.

Nous avons vu qu'en France la tonne-kilomètre de marchandises petite vitesse était équivalente au voyageur-

kilomètre ; il n'en serait pas de même de la tonne-kilomètre de marchandises grande vitesse. Il faut néanmoins admettre cette équivalence sous peine de tomber dans des complications inextricables. Sur le continent, la proportion des tonnes-kilomètres transportées en grande vitesse n'est pas très considérable ; elle est très forte en Angleterre ; il est donc probable que les coefficients-machines y sont sensiblement affectés par ce fait. C'est une particularité à ne pas perdre de vue dans une comparaison entre deux administrations, l'une d'Angleterre, l'autre du continent.

La puissance peut être calculée par la formule précédemment indiquée :

$$F = K \sqrt{G \cdot C \cdot p}.$$

A défaut de données précises, on pourrait chercher à tenir compte des appareils surchauffeurs en assimilant leur surface de chauffe à la surface tubulaire. Dans le cas où la puissance serait calculée autrement qu'il ne vient d'être dit, il conviendrait de fournir, pour quelques types de machines, la puissance admise et les valeurs de G, C, p, pour qu'il fût possible de se rendre compte de la différence des évaluations dans les deux systèmes.

En résumé, si l'on veut déterminer trois ou quatre années à l'avance le matériel roulant nécessaire à une administration de chemin de fer, il est relativement facile de trouver les coefficients-machines, voitures et wagons, ainsi que l'accroissement normal annuel de trafic, qui permettront de résoudre le problème.

S'il s'agit de comparer les modes d'exploitation de différentes compagnies, le problème est plus complexe, à cause de la difficulté d'obtenir des données statistiques comparables. On pourrait néanmoins y parvenir avec le con-

cours des compagnies en adoptant les bases que nous avons indiquées. Nous donnerons un exemple de chaque cas.

Le tableau suivant fait connaître pour 1905 les coefficients normaux des grandes compagnies françaises, les accroissements moyens annuels de trafic et l'augmentation de matériel à prévoir ; le trafic est exprimé en millions d'unités kilométriques.

Compagnies........	Etat	Nord	Est	Ouest	P.-O.	P.-L.-M.	Midi
C_v............	120	103	101	94	85	86	107
dV	15	57	49	54	60	109	22
$C_v \cdot dV$	1.800	5.871	4.949	5.076	5.100	9.374	2.354
C_w	242	200	162	210	145	185	208
dT	13	110	180	31	75	131	19
$C_w \cdot dT$	3.146	22.000	29.160	6.510	10.875	24.235	3.952
C_m	294	160	222	250	213	227	258
$d(V + T)$	28	167	229	85	135	240	41
$C_m \cdot d(V + T)$.	8.232	26.720	50.838	21.250	28.755	54.480	10.578

Il est très probable que les coefficients de ce tableau ne sont qu'approchés ; ils seront à rectifier d'après les résultats des exercices 1906 et suivants. Ils ne constituent qu'une première ébauche d'un travail à refaire chaque année.

Il a été fait mention, au cours de la présente note, d'une réduction $\frac{1}{r}$ à faire subir au matériel déduit de l'accroissement du trafic pour tenir compte des lignes encore mal utilisées. Il conviendrait d'appliquer une réduction de ce genre, au moins au cas des voitures, pour le Paris-Orléans et l'État, et de ramener l'augmentation du nombre de places offertes de 5.100 et 1.800 à 3.600 et 1.400, ou même à des nombres plus faibles.

Il serait intéressant de rechercher les causes des différences qui existent entre les coefficients des différentes compagnies ; quelques-unes sont faciles à trouver.

Le coefficient-machines du Nord est particulièrement faible, parce que, sur ce réseau, d'une part, les déclivités sont peu prononcées et que, d'autre part, le parcours moyen des machines est très élevé grâce à une application assez étendue de la banalité. Il ne faudrait pas conclure de là que les autres compagnies ont tort de ne pas adopter le même système. La banalité présente des avantages et des inconvénients : suivant les cas, les uns ou les autres ont une influence prédominante.

Sur l'Est et le Paris-Orléans, la faiblesse des coefficients-wagons tient en partie aux grands parcours moyens des véhicules. Pour les voitures, le Paris-Orléans et le Paris-Lyon-Méditerranée sont dans le même cas ; mais, sur l'Est, bien que les voitures effectuent des parcours moyens encore plus considérables, le coefficient-voitures est élevé, sans doute parce que, sur nombre de lignes, l'utilisation des places offertes laisse beaucoup à désirer.

Les tableaux ci-après sont établis sur les données statistiques *d'une seule année* ; les coefficients ainsi calculés peuvent différer notablement des coefficients normaux, dont la détermination exige d'autres éléments d'appréciation que ceux fournis par les statistiques.

Dans les tableaux, les lettres inscrites à la première colonne ont les significations suivantes :

a, nombre des places offertes ;

b, nombre des voyageurs-kilomètres ;

d, nombre des tonnes de capacité offertes dans les wagons autres que ceux servant au transport des bagages et des messageries ;

e, nombre des tonnes-kilomètres de marchandises, bagages et messageries exclus, bestiaux vivants compris ;

g, puissance en chevaux-vapeur de toutes les locomotives, évaluée par la formule précédemment indiquée ;

h, somme des quantités *b* et *e* ;

h', nombre des voyageurs-kilomètres augmenté du nombre des tonnes-kilomètres de marchandises de toutes espèces.

Enfin, on prend :

$$C_v = \frac{a}{b} 10^6, \qquad C_w = \frac{d}{e} 10^6, \qquad C_m = \frac{g}{h} 10^6, \qquad C'_m = \frac{g}{h'} 10^6.$$

La puissance des locomotives n'est pas donnée dans la plupart des statistiques étrangères; dans les cas assez rares où elle est indiquée, le mode de calcul suivi pour la déterminer diffère de celui qui est adopté en France. Nous avons cherché, quand cela nous a été possible, à établir une évaluation approximative donnant des valeurs comparables à celles des statistiques françaises. Pour les chemins de fer de l'État belge, par exemple, nous avons calculé par la formule $F = K\sqrt{CGp}$ la puissance des principaux types de machines ; nous avons déduit de ces résultats la puissance moyenne de l'ensemble de toutes les machines en service appartenant à ces types, et nous avons supposé cette puissance moyenne égale à la puissance moyenne de toutes les locomotives. La puissance totale des machines des chemins de fer de l'État belge a été égalée au produit de la puissance moyenne ainsi déterminée par le nombre des machines existant pendant l'exercice considéré.

Nous avons opéré de même pour les chemins de fer suisses.

Pour la France, nous avons pris les nombres de la statistique officielle.

Comparons d'abord les coefficients normaux trouvés pour les grands réseaux français aux coefficients que donneraient les résultats bruts de l'année 1906.

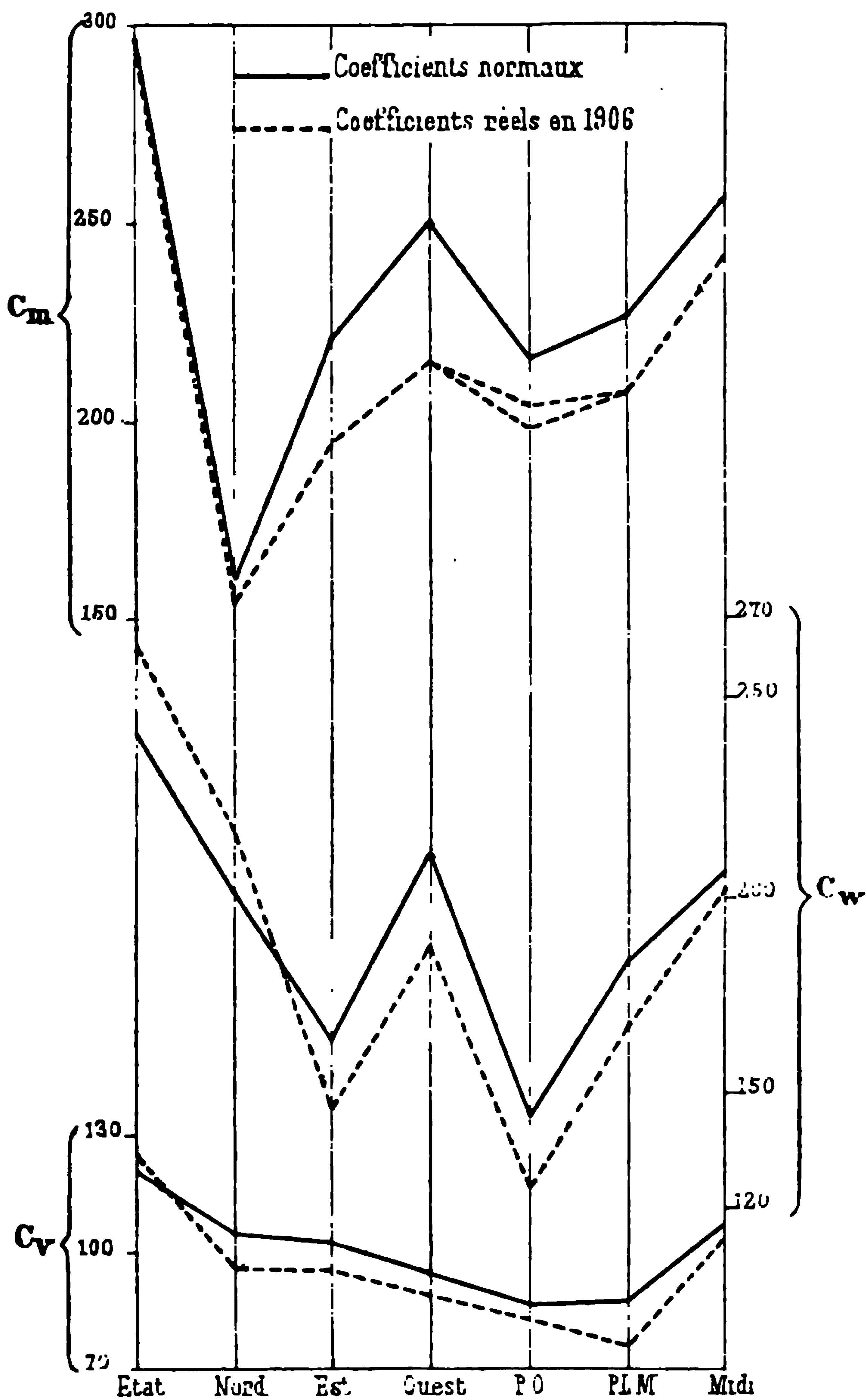


Fig. 2. — **Coefficients donnant les nombres de chevaux-vapeurs, de tonnes de wagons et de places de voitures, normaux ou réels, par millions d'unités (voyageurs ou tonnes de marchandises) transportées à 1 kilomètre.**

Compagnies	Coefficients-voitures		Coefficients-wagons		Coefficients-machines	
	normaux	1906	normaux	1906	normaux	1906
Etat.........	120	124,0	242	264,2	294	297,5
Nord........	103	96,1	200	213,6	160	153,8
Est..........	101	95,6	162	145,3	222	195,8
Ouest.......	94	89,6	210	187,9	250	217,2
P.-O.........	85	81,4	145	127,0	213	198,3
						4,2 (*)
P.-L.-M.....	86	76,4	185	169,7	227	209,6
Midi........	107	105,4	208	204,0	258	242,6

Si l'on met ces résultats sous forme de graphique (*fig.* 2), on voit plus nettement dans quelle mesure le matériel a été insuffisant, en 1906, sur la plupart des réseaux. Il semble que les chemins de fer de l'État aient fait exception ; mais les conditions particulières dans lesquelles se trouve ce réseau, au point de vue notamment des ateliers de réparation du matériel, y rendent très délicate la détermination des coefficients normaux. En ne tenant compte que de la situation présente, on serait conduit à attribuer aux coefficients des valeurs excessives, auxquelles, suivant toutes probabilités, il faudrait à bref délai faire subir des réductions très considérables.

Le tableau ci-après donne les éléments d'une comparaison entre les chemins de fer de différents pays.

(*) Locomotives électriques.

Administrations.	C. F. S. (*)	E. B. (**)	Allemagne (État prussien)	Hongrie
Exercice	1905	1905	1905	1905
a..........	106.442	321.292	1.367.297	195.365
$b \cdot 10^{-6}$....	1.278	3.261	18.559	2.503
C_v.........	83,3	99,5	73,6	78,0
d..........	139.485	852.857	4.336.600	722.345
$e \cdot 10^{-6}$....	719	4.196	33.024	5.136
C_w........	193,9	203,0	131,3	140,6
g	546.046	2.570.760	»	»
$h \cdot 10^{-6}$....	1.997	7.457	51.583	7.641
C_m........	273,4	358,1	»	»
g	546.046	»	»	»
$h' \cdot 10^{-6}$...	2.014	»	»	»
C'_m........	271,4	»	»	»

Administrations.	Autriche	France Coefficients normaux	France	Saint-Moritz à Davos
Exercice.......	1905		1906	1904
a..........	259.057	»	1.295.165	3.929
$b \cdot 10^{-6}$....	2.510	»	14.490	22,45
C_v.........	103,6	92,6	89,4	175,0
d..........	648.549	»	3.223.400	3.370
$e \cdot 10^{-6}$....	5.175	»	18.429	6,49
C_w........	125,3	184,1	174,9	519,27
g		»	6.311.896 (***)	»
$h \cdot 10^{-6}$....	7.841	»	32.919	»
C_m........	»	216,1	191,7	»
g	»	»	»	11.490
$h' \cdot 10^{-6}$...	»	»	»	28,94
C'_m........	»	»	»	397,0

Nous n'avons trouvé dans les statistiques allemandes aucune donnée permettant d'évaluer la puissance des locomotives des chemins de fer de l'État ou même de s'en faire une idée.

La faiblesse des coefficients-voitures et wagons en Allemagne et en Hongrie tendrait à faire supposer que le matériel y est insuffisant. Dans le premier de ces pays,

(*) Chemins de fer fédéraux suisses.
(**) Chemins de fer de l'État belge.
(***) Non compris 20.000 chevaux des locomotives électriques de la compagnie des chemins de fer d'Orléans.

de très vives réclamations se produisent souvent; étant donnés l'esprit de discipline et l'état d'âme étatiste des Allemands, surtout dans le Nord, il est à croire que ces plaintes sont parfaitement fondées et que l'hypothèse que nous faisons est conforme à la réalité.

Le coefficient-machines semble assez élevé en Suisse; la configuration générale du pays explique ce fait. En Belgique, l'élévation du même coefficient doit avoir pour cause, en partie au moins, le faible parcours moyen des locomotives, 32.500 kilomètres contre 38.800 kilomètres en France; mais il faut, en outre, reconnaître que la formule qui nous a servi à calculer la puissance des machines s'applique mal au matériel à très grande grille, qui forme une part importante du matériel belge. La valeur que nous avons attribuée à g pour les chemins de fer de l'État belge est donc certainement exagérée.

La ligne à très fortes rampes de Saint-Moritz à Davos donne un coefficient-machines qui n'est pas beaucoup plus fort que celui des lignes belges; il est vrai qu'à la descente la consommation de vapeur est faible et qu'à la montée, à raison de la vitesse très réduite des trains, le moteur peut donner un excellent rendement ; en outre, l'utilisation du matériel-voyageurs s'élève à 30 p. 100, et celui du matériel à marchandises à 22,5 p. 100 ; enfin le poids mort par unité de place ou de tonne de capacité est peu élevé.

Il faudrait multiplier les recherches pour arriver à des conclusions précises en ce qui concerne l'influence des diverses causes qui agissent sur la valeur des coefficients; néanmoins il serait possible de tirer parti des documents qui sont publiés pour pousser assez loin les comparaisons, à condition de bien prendre garde à ne pas assimiler des quantités qui, tout en étant analogues, sont de natures différentes. Il est donc essentiel, d'un côté, de se rendre bien compte de la nature exacte des renseignements four-

nis par les statistiques, et, d'autre part, de bien préciser la signification des données que l'on veut utiliser.

Appelons α_n le nombre de places de la voiture n, et p_n son parcours annuel. Si le signe Σ s'étend à toutes les N voitures d'un chemin de fer, nous aurons :

$$a = \Sigma\alpha_n.$$

Le nombre des voyageurs-kilomètres est b ; celui des voyageurs-kilomètres, dans l'hypothèse où les voitures ne circuleraient jamais qu'à pleine charge, serait de $\Sigma\alpha_n p_n$. L'utilisation des voitures peut être représentée par l'expression :

$$u = \frac{b}{\Sigma\alpha_n p_n}.$$

Il y a intérêt à considérer à la fois le parcours moyen p_m des voitures et le parcours π_m, satisfaisant à la condition :

$$\pi_m\Sigma\alpha_n = \Sigma\alpha_n p_n, \qquad \Sigma p_n = Np_m.$$

L'utilisation u des voitures a pour valeur :

$$u = \frac{b}{\Sigma\alpha_n p_n} = \frac{b}{a\pi_m}.$$

On a donc aussi :

$$C_v = \frac{a \cdot 10^6}{b} = \frac{10^6}{u\pi_m}.$$

Le coefficient-voitures varie en raison inverse de l'utilisation et de π_m, qui est le parcours moyen d'une place quelconque. Ce dernier facteur varie à peu près comme p_m, dont il ne diffère en général pas beaucoup, ainsi qu'on le voit sur le tableau qui suit.

Année	Allemagne 1904	Hongrie 1904	Autriche 1904	France 1904	Suisse 1905
n	28.701	5.501	6.457	27.721	2.179
u	0,2626	0,2259	0,2297	0,2031	0,2726
p_m	47.409	56.000	40.047	50.521	43.323
$u \cdot p_m$ ..	12.450	12.656	9.199	10.261	11.800
$u \cdot C_v$ ..	19,32	17,62	23,83	19,78	22,7
π_m	51.000	56.800	42.010	50.556	44.200
C_v	73,6	78,0	103,6	97,4	83,3

La différence entre π_m et p_m parait être généralement faible ; il est facile de s'assurer qu'il doit en être bien réellement ainsi.

Supposons deux classes de voyageurs seulement pour plus de simplicité : dans la première, n_1 voitures à θ_1 places, parcourant annuellement en moyenne p_1 kilomètres ; dans la seconde n_2 voitures à θ_2 places, parcourant p_2 kilomètres. On aura :

$$\pi_m (n_1\theta_1 + n_2\theta_2) = n_1\theta_1 p_1 + (n_2\theta_2 p_2)$$
$$p_m (n_1 + n_2) = n_1 p_1 + n_2 p_2$$

et par conséquent :

$$\frac{\pi_m}{p_m} = \frac{p_2 + \dfrac{n_1\theta_1 (p_1 - p_2)}{n_1\theta_1 + n_2\theta_2}}{p_2 + \dfrac{n_1 (p_1 - p_2)}{n_1 + n_2}}.$$

En attribuant à n, θ, p, les valeurs extrêmes que ces quantités peuvent prendre dans les chemins de fer, on se rend compte des limites entre lesquelles variera le rapport de π_m à p_m. Dans toutes les grandes compagnies, il y a moins de voitures de première classe que de voitures de seconde ou troisième classe ; les voitures de première classe offrent sensiblement moins de places à poids égal ; par contre, leur parcours annuel moyen est plus fort. En fait, le rapport dont il s'agit diffère de l'unité, en général,

de moins de $\frac{1}{30}$. On a donc le droit de remplacer π_m par p_m, ce qui permet de calculer l'utilisation du matériel à voyageurs avec une approximation très suffisante, quand on connait a, b et p_m.

L'utilisation ne dépasse pas 27,26 p. 100 en Suisse, 26,26 p. 100 en Allemagne, elle descend à 20,31 p. 100 en France. Elle est d'autant plus faible que le trafic est plus irrégulier et nécessite la mise en marche, à certaines heures, de trains qui, à chaque voyage, ne sont chargés que dans un sens. Au point de vue des frais de premier établissement, les administrations de chemins de fer ont intérêt à avoir un coefficient-voitures peu élevé. Si l'utilisation est faible, il faut s'efforcer d'augmenter le parcours annuel moyen. La comparaison des résultats obtenus par l'Autriche et la Hongrie, tels que les montre le dernier tableau, est, à cet égard, bien instructive. Il ne faut pas cependant aller trop loin. Si les compagnies peuvent réduire leurs effectifs sans inconvénients sous certaines réserves, elles ne sont guère en mesure d'exercer une influence sérieuse sur l'utilisation du matériel. En 1904, le Nord a eu un coefficient-voitures de 107,6 avec une utilisation de 21,05 p. 100; l'Est, pour un coefficient-voitures de 99,5, a eu une utilisation de 16,72 p. 100 seulement; les parcours moyens des voitures ont été respectivement, sur les deux réseaux, de 44.146 kilomètres et de 60.019 kilomètres; si le parcours moyen n'avait pas dépassé sur l'Est 44.146 kilomètres, l'utilisation restant la même, le nombre des places offertes aurait dû être porté de 182.797 à 249.000, soit une augmentation d'un tiers. On voit quel intérêt il y a à faire circuler les voitures le plus possible. Les mêmes observations s'appliqueraient au matériel à marchandises de grande et petite vitesse. Nous n'insisterons pas davantage sur cette question, notre but dans cette note étant simplement de montrer d'abord que

l'on peut calculer à l'avance le matériel qu'il est prudent de se procurer pendant les deux ou trois années suivant un exercice en cours, et ensuite d'indiquer comment il semble possible de tirer des renseignements statistiques que toute administration peut facilement fournir les éléments de comparaisons utiles entre les divers modes d'exploitation.

NOTE COMPLÉMENTAIRE

SUR LES

OSCILLATIONS DU MATÉRIEL

DUES AUX DÉNIVELLATIONS DE LA VOIE

Par M. GEORGES MARIÉ, Ancien élève de l'École polytechnique, Ingénieur, Chef de division des chemins de fer de P.-L.-M. en retraite.

INTRODUCTION.

Dans les *Annales des Mines* (1er et 2e semestres de 1905 et 1er semestre de 1906), nous avons donné l'étude des oscillations du matériel résultant des dénivellations ou défauts verticaux de la voie. Ces trois mémoires font partie d'un ensemble d'études qui sont réparties ainsi qu'il suit (*) :

La 1re série d'études a été résumée dans notre note du 6 mars 1905 à l'Académie des Sciences ; le développement en a été donné dans les *Annales des Mines*, comme il vient d'être dit ci-dessus.

La 2e série d'études concerne les oscillations du matériel dues aux défauts horizontaux de la voie, comme l'entrée en courbe et la sortie sans courbes de raccordement, les ripages accidentels de la voie, etc.

Ces études ont été résumées dans notre note du 8 mai 1905 à l'Académie des Sciences ; le développement en a été donné à la Société des Ingénieurs civils [*Mémoires et Comptes*

(*) L'ensemble des trois séries de travaux de l'auteur sur les *Oscillations du matériel des chemins de fer* a été couronné par l'Académie des Sciences, en décembre 1906.

Rendus des travaux de novembre 1905 et avril 1906 (*).

La 3e série d'études concerne les oscillations du matériel dues au matériel lui-même, comme les oscillations de lacet, de recul, etc., des locomotives, les oscillations de conicité des bandages, les oscillations dues aux freins continus, etc. Ces études ont été résumées dans notre note du 29 mai 1905 à l'Académie des Sciences; le développement en a été donné dans la *Revue générale des chemins de fer et tramways* de mai et juin 1907.

Nos trois notes à l'Académie des Sciences et nos mémoires manuscrits ont été présentés à l'Académie par M. Léauté, membre de l'Institut, ancien professeur à l'Ecole polytechnique; les développements publiés sont conformes aux mémoires manuscrits, avec des applications pratiques en plus.

Dans le présent mémoire, nous nous proposons de donner principalement une étude complémentaire sur l'application de notre formule $h < 2fa$ à un cas de la pratique plus favorable que celui que nous avions considéré. Nous y ajouterons divers compléments relatifs à nos études des *Annales des Mines*.

Puis nous donnerons au lecteur un court résumé de nos études précitées de la *Société des Ingénieurs civils* et de la *Revue générale des chemins de fer*.

CHAPITRE I.

COMPLÉMENT DES TROIS MÉMOIRES DES *ANNALES DES MINES*.

(OSCILLATIONS DUES AUX DÉNIVELLATIONS DE LA VOIE.)

§ 1. **Rappel de la formule principale.** — Au paragraphe 15 de notre premier mémoire des *Annales des Mines* (1re se-

(*) Ces mémoires ont obtenu une médaille d'or de la Société des Ingénieurs civils en 1906.

mestre 1905), nous avons établi ce que nous avons appelé la « condition générale de convergence » des oscillations dues aux dénivellations de la voie ; c'est :

$$h < 2fa.$$

Le véhicule est supposé circuler sur une voie ayant un profil vertical à dénivellations rectangulaires, comme ABCDA′ de la *fig.* 1 du présent mémoire.

h est la « dénivellation périodique », ou hauteur AB, égale à CD.

f est « le frottement relatif » ou proportionnel des ressorts, ou rapport du frottement des lames du ressort à sa charge, ce frottement étant rapporté au même chemin parcouru que la charge elle-même ; ce frottement est égal à :

$$f = \frac{\Sigma(F\alpha)}{Pa}.$$

comme nous l'avons défini au paragraphe 12 de notre premier mémoire.

Dans cette expression, *a* est la « flexion statique » du ressort, ou flexion depuis la charge nulle jusqu'à la charge normale du ressort, ou encore produit de la flexibilité par tonne par la charge en tonnes. Nous avions d'abord appelé *a* « flèche statique », mais nous préférons l'expression « flexion statique » pour éviter toute confusion avec la « flèche de fabrication » du ressort. F représente chaque force de frottement, et α son chemin parcouru pendant que la bride du ressort parcourt le chemin *a*.

La formule $h < 2fa$ donne la condition pour que les oscillations n'aillent pas en augmentant et aillent même en diminuant, si elles ont, à un moment donné, une grande amplitude, par suite d'une autre cause quelconque ; de là notre désignation de « condition de convergence » des oscillations.

Dans nos deuxième et troisième mémoires des *Annales des Mines*, nous avons étendu cette formule au cas des oscillations des véhicules en long et en travers, avec de légères modifications de la formule dans certains cas.

Notre formule des oscillations en travers, de roulis, établie pour le cas des joints alternés, s'applique au cas de la voie avec joints concordants, mais avec dénivellations différentes des deux côtés.

§ 2. **Flexion statique et flexion disponible.** — Nous avons fait remarquer que, pour appliquer la condition $h < 2fa$ *dans le cas le plus défavorable*, il faut prendre a en considérant la charge des ressorts avec véhicule *vide*. Il convient d'ajouter ici que, dans l'étude de la stabilité en travers de notre deuxième mémoire (2ᵉ semestre de 1905), il faut, au contraire, prendre la charge des ressorts avec véhicule chargé au maximum.

Voilà pour la « flexion statique ».

Maintenant, quand un véhicule est sous charge, au repos, on constate, en regardant un ressort, qu'il ne reste qu'une certaine longueur *disponible* pour les flexions supplémentaires du ressort dues aux oscillations ; cette longueur est ce que nous appellerons *flexion disponible* ou d.

Il est clair que, en cas d'oscillations divergentes, ou allant en croissant indéfiniment, ces oscillations seront limitées par la flexion disponible, par suite du choc à bloc qui se produira à ce moment.

Si la flexion disponible est égale à la flexion statique, alors cette limite se produit précisément pour une compression du ressort égale *au double* de la charge normale ; alors, dans l'oscillation inverse, la compression du ressort serait réduite à zéro exactement.

Si la flexion disponible est inférieure à la flexion statique, alors la compression des ressorts ne s'annule pas,

même en cas d'oscillations divergentes ; c'est ce qui se produit en général pour les voitures à voyageurs. Pour les locomotives, qui n'ont guère que $0^m,05$ de flexion statique des ressorts, la flexion disponible surpasse parfois la flexion statique.

Naturellement ces chocs à bloc ne se produisent pas en service courant ; ils ne se produisent guère que pendant les déraillements, quelques secondes avant la catastrophe. Si les parties choquantes ne sont pas dépourvues d'élasticité, il peut y avoir continuation de la résonance et augmentation des oscillations malgré les chocs à bloc.

§ 3. **Extension de la formule** $h < 2fa$. — Nous avons établi au paragraphe 15 de notre premier mémoire la condition rappelée ci-dessus, ou :

$$h < 2fa.$$

Cette formule, avons-nous dit, s'applique au cas d'une voie qui aurait la forme ABCDA′ de la *fig.* 1 ; les dimensions verticales de cette figure sont naturellement très exagérées, puisqu'il s'agit de 6 millimètres environ de dénivellation périodique pour la longueur AA′, qui est la longueur du rail, ou 10 mètres par exemple.

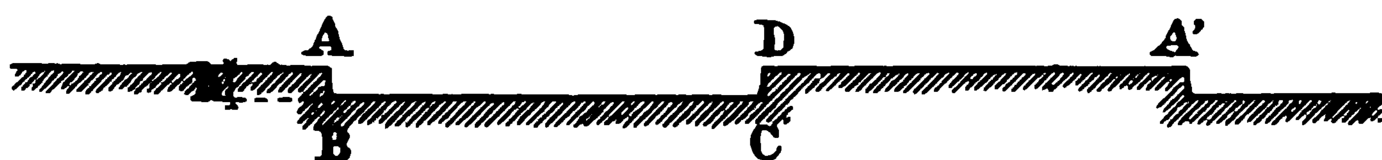


Fig. 1.

L'oscillation est représentée par l'*bcda* de la *fig.* 2, dont les points correspondent à A, B, C, D, A′ de la *fig.* 1, d'après les raisonnements du paragraphe 15, et de la *fig.* 10 de notre premier mémoire précité. (On se rappelle que cette *fig.* 10, reproduite dans la *fig.* 2 ci-contre, est un tracé de dynamique graphique qui nous a conduit à établir la condition de convergence des oscil-

lations $h < 2f a$.) Nous avons choisi I′ comme point de départ de l'oscillation, au lieu de tout autre point situé entre I′ et I, parce que, comme on le voit sur la figure, c'est le point qui donne le maximum d'amplitude I′I″ $= 2h$, c'est-à-dire le cas le plus défavorable.

L'oscillation n'a aucune tendance à augmenter ni à diminuer, puisque, quand elle est terminée, on retombe sur le point de départ *a* (*fig.* 2).

Fig. 2.

(Dans cette *fig.* 2, les dimensions sont à une échelle plus grande qu'à la *fig.* 1, pour plus de clarté.)

Mais il est bien évident que, dans la pratique, la courbe des dénivellations de la voie présente une forme moins défavorable que dans la *fig.* 1 ; nous allons montrer qu'alors la formule de convergence des oscillations peut rendre la forme $H < 4f a$, ou encore $H < 3f a$.

Si le rail est très long, comme 15 à 20 mètres par exemple, il affectera la forme MNP (*fig.* 3) sous charge, par suite des dénivellations passagères et surtout par suite de sa *déformation permanente*, comme cela résulte du paragraphe 1 de notre deuxième mémoire (Résumé des expériences de M. Coüard). Il s'agit ici, nous le répétons, des dénivellations réelles sous charge et non pas des dénivellations visibles sur la voie libre qui ne comprennent que la déformation permanente.

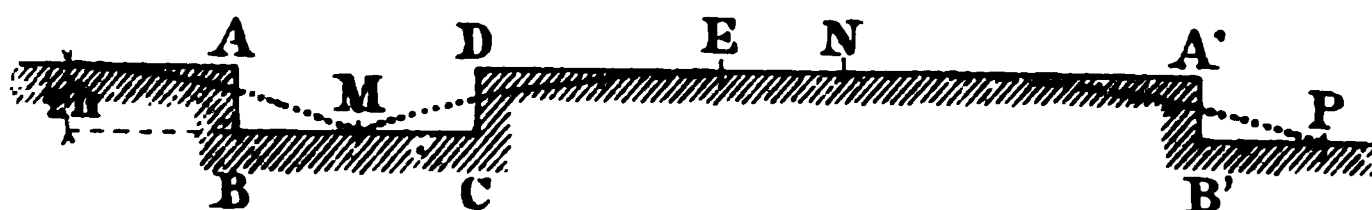


FIG. 3.

Revenons au tracé des dénivellations sous charge MNP de la *fig.* 3, avec rails très longs.

Ce tracé curviligne est analogue au tracé à dénivellations rectangulaires MCDA'B'P...., dans lequel BC n'est que le quart de la longueur AA' du rail, au lieu d'en être la moitié comme dans la *fig.* 1. Dans les rails très longs, en effet, la déformation permanente du rail au joint ne se fait que dans une extrémité qui n'est plus qu'une faible partie de la longueur totale du rail.

Je vais démontrer qu'avec ce nouveau tracé des dénivellations la condition de convergence est la même que dans l'autre cas, mais avec h doublé, c'est-à-dire qu'elle devient :

$$H < 4fa.$$

En effet, reproduisons (*fig.* 4) les éléments principaux de la *fig.* 2.

On a encore OA_1 et OA_2 représentant les courbes élastiques du ressort, avec frottements, à la descente et à la montée de l'obstacle ; CD est encore la parallèle à

OA_1 tracée à une distance h de l'origine, h étant égal à AB de la *fig.* 1.

Menons à présent la ligne C′D′ parallèle encore à OA_1, mais à une distance $2h$ de l'origine, $2h$ étant égal à H ou AB de la *fig.* 3. Nous allons démontrer, je le repète, que, dans ce cas, la condition de convergence est réalisée avec $H < 4/fa$.

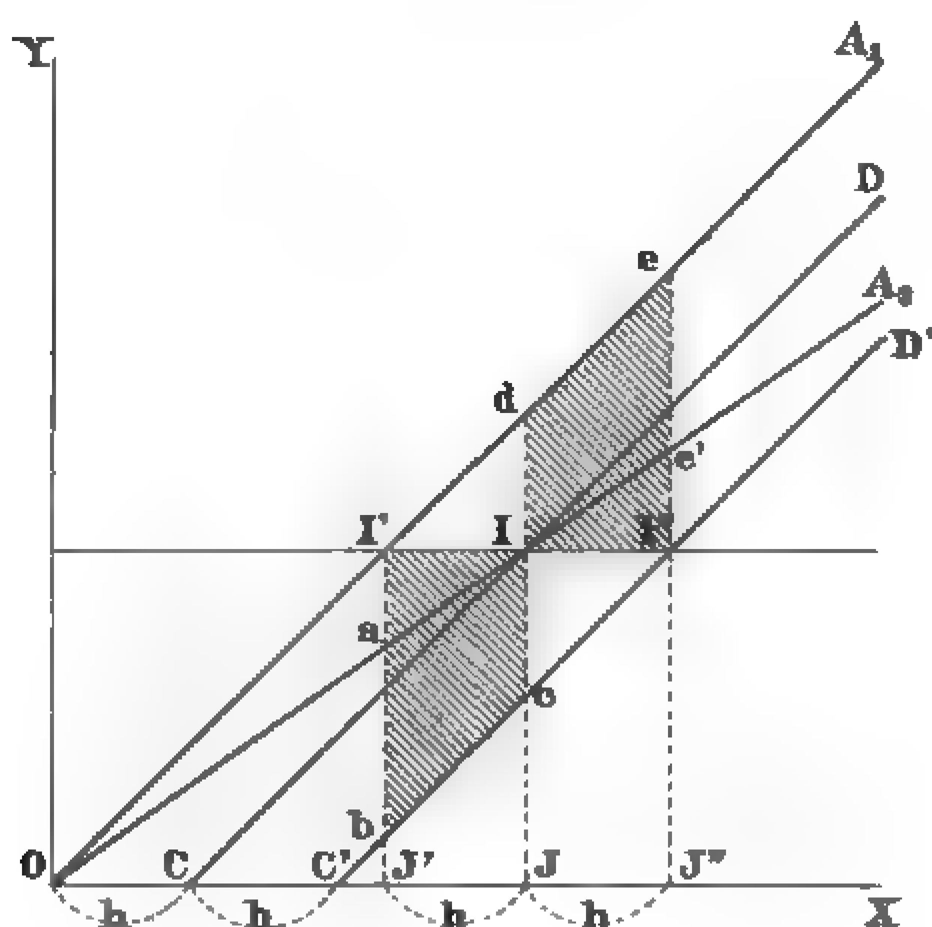


Fig. 4.

Dans ce cas, l'oscillation est représentée (*fig.* 4) par l'*bcdee′a* en se basant toujours sur les mêmes principes de dynamique graphique qu'au paragraphe 15 de notre premier mémoire ; en effet, lorsque la roue suit le parcours BC (*fig.* 3), la courbe d'élasticité est *bc* (*fig.* 4) ; puis, quand la roue va de D en A′ (*fig.* 3), la courbe d'élasticité est *de* sur la ligne OA_1.

Quand la roue est en E (milieu de AA′) (*fig.* 3), on

est au bas de l'oscillation descendante ; le poids remonte, et alors la courbe d'élasticité devient $e'a$ sur la ligne OA_2 des oscillations ascendantes.

On voit que les surfaces ombrées $bcII'$ et $deI''I$ sont égales, de sorte que l'amplitude de l'oscillation sera constante ; il n'y aura donc ni augmentation ni diminution de l'amplitude de l'oscillation dans le cas de la figure, c'est-à-dire si l'on a :

$$h = 2fa, \qquad \text{ou} \qquad H = 4fa.$$

La condition de convergence des oscillations est donc bien :

$$H < 4fa, \qquad \text{c.q.f.d.}$$

On voit que, dans le cas des *fig.* 3 et 4, le maximum d'amplitude possible de l'oscillation est $2h = H$; il est donc égal, au plus, à la dénivellation elle-même, au lieu d'être au plus égal à son double, comme c'est le cas des *fig.* 1 et 2.

En pratique, le rail de 15 à 20 mètres que nous avons considéré est trop long pour la grande généralité des cas ; il en résulte que, pour des rails de 12 à 15 mètres par exemple, la condition serait intermédiaire entre $h < 2fa$, qui convient pour les rails très courts, et $H < 4fa$, qui convient pour les rails très longs ; on aurait alors à peu près :

$$H < 3fa.$$

Cela justifie ce que nous avons dit à ce sujet au paragraphe 21 de notre troisième mémoire. Nous avions parlé d'un autre tracé de dynamique graphique, basé sur la méthode des approximations successives, pour établir cette formule ; mais la méthode qui précède est beaucoup plus simple.

Mais, nous le répétons, avec les rails courts qui existent

en pratique, il est préférable de nous en tenir à la formule $h < 2fa$; elle est, nous en convenons, un peu pessimiste; mais cela fait la compensation avec notre choix du coefficient de frottement :

$$\varphi = 0{,}40,$$

dans notre formule du frottement des lames de ressorts ou :

$$f = 2\varphi(n-1)\frac{c}{l}$$

(Voir notre note sur ce frottement dans notre premier mémoire).

Comme nous l'avons dit, ce chiffre de $\varphi = 0{,}40$ a été vérifié par les expériences qu'a faites M. Herdner, en notre présence, sur le frottement des lames de ressort; il tient déjà compte des vibrations qui diminuent ce coefficient de frottement, puisque, à l'état statique, M. Herdner a trouvé jusqu'à $\varphi = 0{,}80$ et même plus.

Mais enfin il peut se faire que φ soit plus faible que 0,40, dans des cas très rares, si les lames des ressorts sont très polies à l'endroit des frottements ou si les éclaboussures d'huile y font un graissage. Finalement, si l'on admet que φ peut descendre un peu au-dessous de 0,40, cela fera la compensation avec notre formule $h < 2fa$, qui est un peu trop pessimiste pour la pratique.

En résumé, nous continuerons à adopter la formule $h < 2fa$ avec $f = 2\varphi(n-1)\frac{c}{l}$ et $\varphi = 0{,}40$, en nous réservant d'adopter la formule :

$$H < 3fa$$

quand les rails auront 12 à 15 mètres, et

$$H < 4fa$$

si un jour on emploie des rails de 18 à 20 mètres.

§ 4. Trépidations, vibrations et sonorité des véhicules. — Un grand nombre de voitures de voyageurs ont, en outre des oscillations, des trépidations à période rapide, des vibrations à période très rapide, et enfin une sonorité qui toutes sont gênantes pour la lecture et fatigantes pour les longs parcours.

Les trépidations ne sont que des oscillations dont la durée de période est sensiblement inférieure à celle de l'oscillation du véhicule sur ses ressorts de suspension et qui résulte de la formule de Poncelet que nous avons rappelée au début de nos mémoires ou :

$$2t = 2\pi\sqrt{\frac{a}{g}};$$

$2t$ est la durée de l'oscillation complète, aller et retour, et a la flexion statique des ressorts.

Nous avons montré dans notre deuxième mémoire comment cette durée pouvait être modifiée pour les oscillations de roulis; nous avons montré aussi (*) comment cette durée pouvait être modifiée par la disposition des menottes d'attache des ressorts.

Mais, quoi qu'il en soit, cette durée $2t$ ne descend guère au-dessous de $\frac{1}{2}$ seconde pour les voitures et $\frac{1}{3}$ de seconde pour les locomotives. Or, quand on parle de trépidations, on veut faire allusion à des oscillations dont la période est inférieure à $\frac{1}{5}$ de seconde et encore moins pour les vibrations.

Nous avons vu que, pour analyser une oscillation, il faut, d'une part, considérer *sa cause* et la période de répétition de cette cause, et, d'autre part, la période *de*

(*) Voir *les Grandes Vitesses des chemins de fer*, *les Oscillations du matériel et la voie*, § 10.

la réaction, ou durée naturelle d'oscillation de la caisse sur ses systèmes élastiques.

Examinons d'abord la *cause*. Après avoir examiné toutes les causes d'oscillations des véhicules de chemins de fer, il ne nous reste, pour les voitures du train, que les causes *permanentes* suivantes, en mettant de côté celles qui sont dues à des défauts locaux de la voie :

Nous avons d'abord les *dénivellations de la voie* dues au passage d'un rail au suivant ; la période de cette cause est de $\frac{1}{3}$ de seconde, par exemple, avec des rails de 10 mètres et une vitesse de 30 mètres par seconde.

Nous avons ensuite la conicité des bandages, dont nous reparlerons au chapitre III ci-après, et dont la période est de $\frac{2}{3}$ ou $\frac{3}{4}$ de seconde, par exemple.

Enfin, il ne reste que les oscillations dues au mouvement de recul et de lacet de la machine, qui peuvent être très rapides, et qui peuvent parfois se transmettre un peu aux premières voitures du train.

Mais les trépidations des voitures se sentent dans tout le train, ce qui élimine la dernière cause. En résumé, il n'existe aucune cause d'oscillation dont la période soit assez courte pour motiver par elle-même les trépidations en question.

Puisque nous ne trouvons pas l'explication des trépidations dans la *cause*, il faut la chercher dans la période de la *réaction*. Or la durée naturelle des oscillations d'une caisse sur ses ressorts est, par exemple, de 1 seconde pour les oscillations les plus lentes des voitures très douces et de $\frac{1}{2}$ seconde pour les voitures les plus dures ; il n'y a donc pas là non plus l'explication des trépidations de période inférieure à $\frac{1}{5}$ de seconde.

En résumé, l'impulsion due au passage d'un rail au suivant n'est pas, nous le répétons, assez fréquente pour produire ce résultat; d'autre part, la lenteur des oscillations sur les ressorts de suspension montre qu'ils sont incapables d'engendrer la trépidation rapide par leur réaction. Il en résulte que la trépidation est forcément due à l'oscillation d'un système élastique *autre que les ressorts de suspension*.

Cette conclusion va nous permettre de déterminer, dans chaque cas, la cause des trépidations et d'en chercher le remède.

Nous avons déjà étudié dans notre deuxième mémoire (§ 6 à 9) la question de la double suspension. Nous avons vu que deux cas peuvent se présenter :

1° Quand les ressorts secondaires sont situés au bout des ressorts à lames, leur flexibilité s'ajoute à celle de ces derniers, et il n'y a qu'une seule oscillation de la caisse rendue plus lente par les ressorts secondaires.

2° Quand les ressorts secondaires sont situés entre les châssis et la caisse, la masse du châssis permet la production de l'oscillation du châssis par rapport aux roues et l'oscillation de la caisse par rapport au châssis. Or la deuxième a forcément une période beaucoup plus courte que la première, car les ressorts en spirale qui relient la caisse au châssis ont généralement une flexion statique beaucoup plus faible que celle des ressorts de suspension.

Nous arrivons donc à l'explication des trépidations dans les voitures très nombreuses, et généralement anciennes, qui ont des ressorts à spirale ou des blocs de caoutchouc entre la caisse et le châssis. Ces oscillations très rapides sont d'autant plus gênantes qu'elles sont fort peu amorties dans le cas des ressorts à spirale ou en caoutchouc, où les frottements n'existent que dans les

guidages ; il y a là parfois des cas de synchronisme avec multiple et de *résonance* avec la période des joints des rails. En d'autres termes, le passage du joint de rail n'a lieu qu'une fois pour deux ou trois oscillations, par exemple, et cela suffit pour entretenir la trépidation. Si le multiple n'est pas exact, la trépidation est moindre.

Le remède consiste à mettre les ressorts secondaires au bout des ressorts à lames, comme on le fait maintenant avec les ressorts Timmis ; il y a un autre motif pour le faire, c'est qu'en opérant ainsi on profite des attelages serrés pour contrarier les oscillations, ce qui n'a pas lieu dans l'autre système.

Nous signalerons aussi le cas des trépidations du voyageur lui-même sur les ressorts de son coussin, ce qui pourrait être évité avec des coussins à ressorts amortis comme nous l'avons dit. Ce cas est facile à distinguer du précédent en se mettant debout.

Mais il existe encore souvent des trépidations très rapides en général, pour les voitures qui n'ont pas de ressorts entre la caisse et le châssis.

S'il y a de simples plaques de caoutchouc ou des matières élastiques quelconques entre le châssis et la caisse, il faut les examiner et voir si la période de la trépidation ne correspond pas à la formule :

$$2t = 2\pi \sqrt{\frac{a}{g}},$$

dans laquelle a est la flexion statique de la plaque élastique, a ne fût-il que de quelques millimètres.

Enfin il existe encore des trépidations quand tout cela n'a pas lieu.

Dans ce cas, la trépidation tient à la flexibilité du *châssis* ou de la *caisse* elle-même.

Avec les voitures longues à deux essieux, les châssis en fer ou en bois, tout en étant très solides, sont parfois sujets à fléchir de quelques millimètres ou même de quelques centimètres sous charge. Or une flexion, statique de 1 centimètre donnera une durée de trépidations de $\frac{1}{5}$ de seconde d'après la formule précédente, et une flexion statique de 5 millimètres donnera $\frac{1}{7}$ de seconde.

Voilà donc une cause très fréquente de trépidations. Le remède consistera à rendre le châssis plus rigide en l'armant à l'américaine, s'il est très long et qu'il repose sur deux essieux.

Enfin il peut y avoir des flexions de certaines parties de la caisse et surtout des torsions de l'ensemble du châssis et de la caisse qui donnent lieu aux trépidations en question.

En résumé, il faut chercher à avoir des caisses très rigides sur des châssis très rigides, le tout monté sur des ressorts très souples et bien amortis par des frottements suffisants, comme nous l'avons souvent dit.

Quant à la sonorité, elle est fonction des trépidations. On la diminuera en diminuant les trépidations qui la produisent. Cependant, en vertu même de ce qui précède, les châssis et caisses les plus rigides peuvent être soumis à des vibrations sonores extrêmement rapides. Ces vibrations moléculaires, qui se propagent par ondes, sortent du cadre de notre étude.

D'autre part, on peut diminuer la sonorité en amortissant les vibrations du son lui-même par l'interposition de corps mous, ou en garnissant les plafonds avec du drap au lieu de bois, comme on le fait souvent. Sans cette précaution, le compartiment résonne comme un violon.

Cependant, dans les voitures très bien établies, on peut

conserver le plafond en bois d'érable, très décoratif, sans inconvénient.

En résumé, nous pouvons arriver à l'analyse complète des trépidations et vibrations, et à la recherche des remèdes, par l'application des principes de nos divers mémoires.

On peut nous objecter ceci. Pourquoi refusez-vous de bénéficier de la flexibilité du châssis, de la caisse, etc., qui sont des ressorts ne coûtant rien et qui même permettent de gagner du poids par la légèreté de la construction? Nous répondrons ceci : Nous le refusons pour deux causes. D'abord, ces flexions se font *sans frottements*, ce qui provoque des résonances; ensuite, ces trépidations, par leur rapidité, sont fatigantes pour les voyageurs comme pour le matériel, de sorte qu'il faut chercher à les éviter dans la mesure du possible.

Nous avons dit quelques mots de certaines trépidations des voitures occasionnées par le lacet ou le recul de la machine et synchrones ou non avec la révolution des roues motrices ; elles sont horizontales au lieu d'être verticales ; elles sont amorties par les frottements des tiges des tampons des attelages dans leurs guidages, frottements qui subsistent même avec des attelages bien serrés.

Dans les voitures ordinaires, circulant sur du pavé, le cas est tout à fait différent du cas des chemins de fer. Dans cette circonstance, les trépidations sont occasionnées par la fréquence de la *cause* perturbatrice; de même, pour les trépidations des autobus qui sont causées par les bandages à blocs multiples, même si l'autobus circule sur de l'asphalte parfaitement uni.

§ 5. **Remarques diverses sur les trois mémoires.** — *a*) Dans le tableau du paragraphe 30 du troisième mémoire, nous avons appliqué la formule $h < 2fa$ aux locomotives ; cependant, au paragraphe 2 du même mémoire, nous avions montré qu'un véhicule à trois essieux se trouve

dans des conditions beaucoup plus avantageuses que cette formule ne le fait supposer.

Pour quatre essieux, le cas serait encore plus favorable :

Il semblerait donc en résulter que l'application de la formule $h < 2fa$ pour les locomotives est beaucoup trop défavorable.

Cette remarque serait juste pour les faibles vitesses et les rails courts. Mais, si nous considérons une machine marchant, par exemple, à 140 kilomètres à l'heure sur une voie à rails très longs, avec une dénivellation à chaque joint, ou bien encore avec des rails courts et des dénivellations accidentelles assez espacées, alors la multiplicité des essieux ne donne plus aucun avantage; la machine entre alors, tout entière, dans cette sorte de montagne russe, plus longue qu'elle-même; tout se passe alors à peu près comme dans le cas d'un seul essieu; les balanciers eux-mêmes, dans ce cas, n'ont aucune influence sur la condition de convergence.

C'est pourquoi nous avons appliqué aux locomotives la formule $h < 2fa$, sans les faire bénéficier des avantages qui résultent parfois de la multiplicité des essieux ou des balanciers, afin de nous placer, comme toujours, dans le cas le plus défavorable. Mais cela ne nous empêche nullement de reconnaître le grand avantage des essieux multiples et des balanciers dans la pratique.

b) Dans notre troisième mémoire des *Annales des Mines* (§ 44), nous avons signalé l'emploi du pendule balistique, par MM. *Sabouret* et *Rossignol*, pour mesurer la violence des chocs dus aux oscillations des véhicules de chemins de fer. Ces appareils rendent les plus grands services; mais on peut leur demander un renseignement important en les modifiant. Il serait très utile d'avoir la courbe des valeurs des *accélérations* de chaque oscillation en fonction du temps, ou tout au moins le maximum de l'accélération de l'oscillation au point où se trouve placé

l'appareil; ce serait utile surtout pour les oscillations latérales, car on en déduirait la valeur des réactions latérales du véhicule sur la voie, qui sont les plus dangereuses à tous les points de vue. Dans notre mémoire sur *les Oscillations dues au matériel lui-même*, nous avons montré l'importance des accélérations des oscillations. L'accélération latérale est facile à obtenir en remarquant que, au moment précis où le pendule balistique se détache de sa butée, l'accélération du véhicule au point où est situé l'appareil est égale à :

$$\gamma = g \times \frac{t}{p}$$

(t est la tension initiale du ressort du pendule, et p son poids).

MM. Boyer-Guillon et Auclair ont imaginé un intéressant appareil basé sur cette remarque, qui leur est due; c'est un pendule balistique de M. Sabouret à ressort réglable et gradué; on est prévenu de la rupture du contact par un courant électrique (Voir *la Technique automobile* d'octobre 1907); c'est un appareil donnant le maximum de l'oscillation. Nous pensons qu'on peut le perfectionner et lui demander la courbe des accélérations, non seulement pour les oscillations verticales des automobiles, mais pour toutes les oscillations des chemins de fer et des bateaux.

Pour obtenir le résultat voulu, il suffit d'employer plusieurs pendules balistiques juxtaposés de même poids p, mais ayant des valeurs de t différentes ou t', t'', t''', etc. Les accélérations seraient alors indiquées point par point.

Si l'appareil est disposé de manière à enregistrer les diverses accélérations pendant chaque oscillation, ce sera un *accélérographe* ; ce sera un *accéléromètre* s'il ne fait qu'indiquer les valeurs maxima des accélérations.

Depuis longtemps déjà, nous nous sommes servi de l'ob-

servation des déplacements d'un corps pesant sur un plan plus ou moins incliné fixé au véhicule pour évaluer les forces centrifuges et d'inertie, et les accélérations des oscillations. Voici le principe. Si un corps pesant de poids p repose sur un plan incliné fixé au véhicule, il descend sur le plan incliné quand l'accélération maxima γ de l'oscillation est telle que :

$$\frac{p\gamma}{g} = pf - p \operatorname{tang} \alpha \qquad \text{ou} \qquad \gamma = g(f - \operatorname{tang} \alpha)$$

(f, coefficient de frottement, et α, angle du plan incliné).

Cette formule suppose l'angle α petit ; il est facile de la rendre plus rigoureuse.

En disposant plusieurs plans inclinés juxtaposés sur le même bloc et plusieurs corps pesants, on n'a qu'à observer les poids qui se déplacent pour en déduire l'accélération maxima.

Si l'oscillation est violente, alors tang α est plus grand que f ; on observe alors les déplacements en remontant, et la formule est légèrement modifiée. Avec l'accélérographe et la mesure de la durée de l'oscillation, on peut calculer tous les éléments de ce mouvement au moyen d'intégrations graphiques.

CHAPITRE II.

RÉSUMÉ DES ÉTUDES DE L'AUTEUR SUR LES OSCILLATIONS DUES AUX DÉFAUTS HORIZONTAUX DE LA VOIE.

Dans une note en date du 8 mai 1905, présentée par M. Léauté à l'Académie des Sciences, nous avons résumé nos études de 1901 sur les oscillations dues aux variations brusques du rayon de courbure de la voie. Ces travaux ont été publiés *in extenso* dans les *Comptes Rendus*

de la Société des Ingénieurs civils de novembre 1905 et avril 1906 (*).

Voici un court *résumé de ces travaux.*

Lorsqu'un véhicule est soumis à un changement brusque de rayon de courbure de la voie, sa caisse subit une oscillation de roulis autour d'un axe horizontal parallèle à la voie et passant par le « centre d'oscillations » dont nous avons montré l'existence en 1901. Ce centre d'oscillations est un point fixe autour duquel se fait l'oscillation quand la force perturbatrice est horizontale; il est situé à peu près dans le plan horizontal de l'attache supérieure des ressorts, à son intersection avec la verticale du centre de gravité de la caisse; la fixité de ce point résulte de ce fait que, la force perturbatrice étant horizontale et les flexions des ressorts étant proportionnelles à leurs charges, un ressort descend autant que le ressort opposé monte. La fixité de ce point permet de simplifier notablement les équations de *d'Alembert* dans l'oscillation de roulis que nous considérons. C'est une oscillation autour d'un axe fixe; les équations du mouvement se réduisent à deux équations de projection et à une équation des moments. Nos calculs ainsi établis montrent ce fait curieux pour l'entrée en courbe ou la sortie sans courbe de raccordement : *l'amplitude de l'oscillation tend à être le double de celle qui résulterait du calcul banal de la force centrifuge dans le cas où la courbe serait de rayon constant.* C'est un fait analogue à celui que nous avons constaté en rappelant le problème de la tige élastique dans notre premier mémoire des *Annales des Mines.*

C'est l'application brutale de la force centrifuge, à l'entrée en courbe, ou sa suppression brusque, à la sortie, qui occasionne ce résultat.

(*) *Les Oscillations du matériel des chemins de fer à l'entrée en courbe et à la sortie. — Les Grandes Vitesses des chemins de fer, les Oscillations du matériel et la voie.* — Paris, Dunod, 1906.

Fort heureusement il est bien rare qu'il n'existe aucune courbe de raccordement entre la ligne droite et le cercle. Si le raccordement parabolique ou progressif n'est pas en usage dans la compagnie, les poseurs de la voie en font un peu dans la pratique, et les locomotives elles-mêmes se chargent d'en produire, en vertu des fortes actions latérales qui résultent de l'absence de ces raccordements. D'autre part, les frottements des lames de ressorts, les coincements des boites à graisse, les frottements des tampons, etc., amortissent les grandes oscillations en question au point de les annuler complètement, fort souvent; mais il était cependant intéressant de signaler cette tendance à l'oscillation de roulis de double amplitude. En effet, les frottements, suffisants pour amortir cette oscillation seule, ne suffisent pas en cas d'association avec d'autres oscillations puissantes. Nous avons chiffré les effets de ces oscillations et avons calculé les réactions normales et latérales des roues sur les rails, au moment du maximum d'amplitude de cette oscillation.

D'autre part, nous avons montré que, au même moment, il se produit un choc latéral brusque des roues d'avant du véhicule sur le rail, ou oscillation autour d'un axe vertical passant par son centre de gravité. Ce choc dépend de la vitesse du rayon de courbure de la courbe attaquée brusquement et du moment d'inertie du véhicule autour de l'axe vertical. Dans un véhicule bien établi, ce choc doit être absorbé en totalité par l'élasticité latérale du véhicule, comme le ressort horizontal de rappel du bogie, ou les plans inclinés, ou la disposition des menottes à anneaux, etc.; puis la force vive est restituée de manière à donner au véhicule la vitesse de rotation, autour d'un axe vertical, qui correspond à la vitesse et à la courbe. Nous avons montré comment le calcul de cette oscillation permet de calculer la force vive élastique que doit pouvoir absorber l'appareil de déplacement latéral, de

manière à éviter toujours le choc dur non élastique horizontal des roues sur les rails.

On admet généralement que les attelages bien compris ne gênent pas le passage en courbe même quand ils sont bien serrés ; le fait est exact quand le train est en courbe de rayon constant et que les attelages sont disposés de façon à permettre aux véhicules de se déplacer les uns par rapport aux autres, sans effort, autour de points fixes situés au centre des attelages.

Mais il y a une restriction à faire à cette affirmation, au moment de l'entrée en courbe ou de la sortie, quand il n'y a pas de courbes de raccordement. En effet, d'après ce qui précède, il se produit un choc latéral brusque de la voie sur le bogie ou l'essieu d'avant de la machine, de manière à donner à la machine, autour d'un axe vertical, la rotation qui convient à la vitesse et à la courbe de la voie. Mais, si la machine est reliée au tender par un attelage bien serré, sa rotation autour d'un axe vertical entraînera une certaine rotation instantanée du tender autour d'un axe vertical, et ainsi de suite pour les autres véhicules, de proche en proche ; on ne peut donc pas dire, à ce point de vue, que les attelages bien serrés ne gênent aucunement le passage en courbe ; il en résultera une augmentation de la réaction latérale du bogie ou de l'essieu d'avant de la machine sur la voie. Certains mécaniciens s'en rendent vaguement compte et évitent de trop serrer l'attelage entre la machine et le tender.

En résumé, en ne considérant que les effets géométriques du passage en courbe de rayon constant, le serrage énergique des attelages n'a aucun effet nuisible. Mais, en examinant l'effet dynamique au moment des changements brusques des rayons de courbure de la voie, ce serrage énergique augmente les réactions latérales, et il est bon de s'en rendre compte, sans exagérer l'importance de cette remarque.

A ce point de vue, il vaut mieux que les divers véhicules du train aient leur stabilité propre, sans trop emprunter le secours des véhicules voisins. Un train composé de véhicules longs vaut donc mieux qu'un train composé de véhicules courts même avec attelages bien serrés.

Revenons aux oscillations de roulis ci-dessus, autour d'un axe horizontal, et dues à l'entrée en courbe et à la sortie sans courbe de raccordement. La conclusion de cette étude est que le mieux serait d'employer toujours le dévers théorique complet de la voie avec les courbes de raccordement paraboliques longues de *Nordling*.

Mais le plus souvent c'est impossible, pour divers motifs. Alors il faut se contenter de la moitié ou du tiers du dévers théorique et de courbes de raccordement très courtes. Dans ce cas, nous avons montré qu'il y avait théoriquement un grand avantage à adopter pour le dévers de la voie notre disposition suivante :

1° Donner à la voie, à l'entrée en courbe, un dévers sensiblement supérieur à la moitié du dévers théorique complet, calculé pour la vitesse maxima.

2° Donner à la voie, à la sortie de courbe, un dévers sensiblement inférieur à la moitié du dévers théorique complet.

3° Relier l'alignement droit à l'entrée, puis l'entrée à la sortie, puis la sortie à l'alignement droit par, trois raccordements du dévers aussi doux que le tracé le comporte.

Ce système a été appliqué par une grande compagnie de chemins de fer, d'après les indications de nos mémoires, et il a donné de bons résultats. C'est une application de nos théories qui ne coûte rien, quand on refait une voie, et qui adoucit sensiblement les variations brusques de rayons de courbure.

Puis nous avons étudié les variations brusques anor-

males des rayons de courbure de la voie, quand cette dernière prend une forme de serpent, de sinusoïde à peu près ; on sait que ces anomalies ont occasionné de graves déraillements. Nous avons donné les conditions de convergence des oscillations de cette nature, en fonction des rayons anormaux de la voie, de la vitesse et des éléments du matériel considéré. Ces études nous ont également conduit à la théorie des virages des automobiles (Mémoire de la Société des Ingénieurs civils, juin 1907) (*).

Enfin, nous avons étudié la condition des déraillements, d'après le rapport entre la réaction latérale et la réaction verticale de la roue d'avant sur le rail, en montrant la grande supériorité des bogies sur les essieux ordinaires pour résister aux déraillements.

L'ensemble de ces travaux montre que les oscillations dues aux défauts *horizontaux* de la voie sont plus redoutables que celles qui sont dues aux défauts *verticaux*, parce que les premières ont une puissance proportionnelle au carré de la vitesse du train, tandis que les deuxièmes n'en dépendent pas, dans leur ensemble tout au moins, comme nous l'avons montré.

CHAPITRE III.

RÉSUMÉ DES ÉTUDES DE L'AUTEUR SUR LES OSCILLATIONS DUES AU MATÉRIEL LUI-MÊME.

Dans une note en date du 29 mars 1905, présentée par M. *Léauté* à l'Académie des Sciences, nous avons résumé notre étude sur les oscillations du matériel dues au matériel lui-même, c'est-à-dire à l'action des pièces oscillantes

(*) *Formule relative à une condition de stabilité des automobiles et spécialement des autobus.* — Paris, Dunod, 1907.

et tournantes, à l'action de la vapeur et surtout à la conicité des bandages. Cette étude a été publiée *in extenso* dans la *Revue générale des Chemins de fer* (mai et juin 1907) (*).

Voici un court résumé de cette étude, qui constitue la troisième et dernière partie de nos travaux sur les oscillations du matériel des chemins de fer.

Nous n'avons pas cherché à perfectionner la théorie des contrepoids des roues motrices des locomotives ; elle a été établie au milieu du siècle dernier par *Le Chatelier* et perfectionnée depuis (**).

Le but de nos travaux est l'étude des *oscillations* des locomotives dues aux forces centrifuges et d'inertie non équilibrées des pièces et à l'action de la vapeur, associées avec les oscillations de tout le matériel dues à la conicité des bandages, en tenant compte des résonances et de l'amortissement par les frottements.

Il y a environ cinquante ans, des ingénieurs éminents ont donné des théories des oscillations de recul et de lacet des locomotives dues aux perturbations des forces d'inertie et centrifuges non équilibrées et à l'action de la vapeur ; ces théories semblent mettre en lumière les deux points suivants :

1° Les oscillations en question ont une amplitude indépendante de la vitesse du train ;

2° L'amplitude de ces oscillations, mesurée au milieu de la traverse d'avant de la locomotive, ne dépasse jamais un faible chiffre, 5 à 8 millimètres par exemple.

Ces deux conclusions ont été acceptées et le sont encore d'autant plus facilement qu'elles paraissent avoir été vérifiées par des expériences faites sur des locomotives *librement* suspendues en l'air, sans aucune liaison horizontale avec le sol, et marchant à vide ; ces expériences,

---

(*) *Les oscillations du matériel dues au matériel lui-même et les grandes vitesses des chemins de fer.* — Paris, Dunod, 1907.

(**) *The balancing of engines*, par E. Dalby (London, Edw. Arnold, 1902).

faites il y a cinquante ans et répétées depuis, ont donné, en effet, des amplitudes d'oscillation conformes aux théories précitées.

Dans notre étude, nous montrons que les théories en question s'appliquent précisément au cas de la locomotive *librement suspendue* et marchant à vide, ce qui explique cet accord remarquable entre la théorie et les expériences. Nous montrons également que ces théories s'appliquent, dans la pratique, à l'étude *de la première* oscillation, mais qu'elles ne s'appliquent nullement *aux oscillations suivantes*. Nous montrons qu'ici, comme dans toutes les autres oscillations du matériel, il faut tenir compte de la *résonance* des oscillations successives et de leur *amortissement* par les résistances passives. En d'autres termes, en appliquant ces anciennes théories à la pratique, on fait la même erreur qu'en confondant la première oscillation des balancements d'un danseur de corde avec la vingtième, par exemple. Ici, comme dans toutes les résonances, en cas de synchronisme avec ou sans multiple, les oscillations vont en augmentant jusqu'à ce que, pendant une oscillation, le travail dû aux résistances passives soit égal au travail dû aux perturbations. Il y a un autre fait qui montre que ces théories ne peuvent pas s'appliquer à l'étude des oscillations des locomotives, c'est que, aux grandes vitesses, les oscillations réelles de lacet *sont beaucoup plus lentes* que la durée de révolution des roues motrices.

Voici maintenant, en quelques mots, le principe de notre théorie, pour le cas de l'oscillation de lacet, qui est la plus dangereuse, à cause des déraillements que de trop grandes réactions latérales des boudins des roues directrices sur les rails peuvent occasionner, en cas d'association avec d'autres oscillations importantes.

En vertu de la conicité des bandages, chaque véhicule est soumis à des frottements de roues sur les rails, dans

le sens de ces rails, toutes les fois que le véhicule n'est pas exactement dans sa position médiane : ces frottements sont moteurs ou résistants suivant que le diamètre de la roue est plus grand ou plus petit que le diamètre moyen. Mais le *moment* de ces frottements par rapport à un axe vertical passant par le centre de gravité du véhicule est *moteur* si les moments de ces frottements s'ajoutent, et nul s'ils se compensent. C'est pourquoi il ne faut pas tenir compte des moments des frottements *résistants* des bandages sur les rails, dans les frottements d'amortissement. Les divers véhicules du train sont soumis à cette perturbation, qui est la plus puissante des causes occasionnant l'oscillation de lacet.

Si les attelages sont bien serrés dans tout le train, *il se peut* que ces oscillations se contrarient les unes les autres et qu'il ne se produise aucune oscillation de lacet. Mais les choses *peuvent* se passer autrement.

Remarquons bien, en effet, que les attelages sont généralement combinés de façon à permettre l'inclinaison des véhicules les uns par rapport aux autres, par une rotation autour d'un point sensiblement fixe situé entre les véhicules, comme nous l'avons dit ci-dessus. Si les attelages sont bien serrés, les tampons ne glisseront pas les uns sur les autres ; mais il se produit parfois une oscillation générale du lacet du train, en forme de serpent mouvant, dans laquelle les divers véhicules ont leurs boudins venant toucher successivement les rails. Voilà comment peut s'établir la grande oscillation générale de lacet du train, dans le cas où les attelages sont bien serrés (s'ils ne le sont pas, les véhicules ont chacun un mouvement de lacet individuel).

Maintenant cette oscillation générale de lacet a une tendance à augmenter de violence si un synchronisme fâcheux s'établit entre la durée naturelle de cette oscillation et la durée de l'oscillation due aux réactions élas-

tiques horizontales résultant des chocs latéraux des bandages sur les rails. Il s'agit, dans l'espèce, de l'élasticité de la voie elle-même, de celle des appareils de déplacement latéral des bogies, des plans inclinés, des boites à graisse, des menottes à anneaux des ressorts de suspension ; enfin, dans le cas où les appareils de déplacement latéral élastique des essieux manquent, les chocs durs latéraux des boudins sur les rails obligent le véhicule à se pencher du côté du choc, sur ses ressorts de suspension eux-mêmes. Il y a donc toujours, en résumé, des systèmes élastiques pouvant occasionner la résonance des oscillations de lacet.

Cela posé, nous le répétons, la violence de l'oscillation de lacet ira en augmentant jusqu'à ce que, pendant une oscillation simple, le travail des frottements d'amortissement soit équivalent au travail dû à la perturbation de la conicité des bandages. Le travail des frottements est dû, comme on le comprend, au frottement des appareils de déplacement latéral des bogies ou des essieux, aux frottements des lames de ressorts de suspension dans les limites où ces ressorts interviennent, et aussi aux frottements des tiges de tampons des attelages dans leurs guidages.

Notre théorie simple de la conicité des bandages, établie pour un véhicule à deux essieux, s'applique aussi aux locomotives et aux véhicules à plusieurs essieux.

MM. *Pochet* et *Nadal* s'étaient déjà occupés de l'oscillation due à la conicité des bandages, mais à un point de vue tout différent. Nous avons cependant un point de contact intéressant avec l'étude de M. Pochet, c'est la durée pratique de l'oscillation de conicité des bandages égale à $\frac{2}{3}$ ou $\frac{3}{4}$ de seconde environ, bien que nos deux formules de durée soient différentes (*).

(*) Voir *Théorie du mouvement en courbe sur les chemins de fer*, par M. Léon Pochet, ingénieur des Ponts et Chaussées. — Dunod, 1882.

Entre autres choses nouvelles, notre étude de la conicité fait intervenir la résonance et l'amortissement des oscillations de lacet par les frottements internes du matériel.

Voilà donc comment les choses se passeraient si la perturbation due à la conicité des bandages, la plus puissante, agissait seule; c'est le cas des chemins de fer et tramways électriques, par exemple. Nous avons, dans nos mémoires, calculé la puissance, l'amplitude et la durée de ces oscillations.

Maintenant, il y a lieu de faire intervenir les perturbations dues aux impulsions des pièces oscillantes et tournantes non équilibrées des locomotives.

Ces perturbations sont synchrones avec la durée de la révolution des roues motrices, soit fonction de leur durée avec un multiple simple. Au contraire, nous montrons que la durée de l'oscillation due à la conicité des bandages tend à être indépendante de la vitesse du train et est comprise, en général, entre $\frac{2}{3}$ et $\frac{3}{4}$ de seconde pour les oscillations complètes, aller et retour.

A une faible vitesse, il peut y avoir synchronisme entre la révolution et l'oscillation de lacet précitée. Aux grandes vitesses, l'oscillation de lacet réelle est beaucoup plus lente que la révolution, et cela se conçoit, car sa durée est fixée par la perturbation maîtresse, à savoir la conicité des bandages.

Nous sommes amenés à étudier les cas où la durée de l'oscillation de lacet est un multiple *pair* ou *impair* de la durée de la révolution. Si ce multiple est pair, alors les perturbations dues à l'inertie des pièces oscillantes non équilibrées sont tantôt positives, tantôt négatives, et tendent à se compenser deux à deux; de même pour les perturbations dues aux forces centrifuges non équilibrées. *Alors elles n'influent en aucune façon* sur l'oscillation de lacet due à la conicité des bandages.

Si ce multiple est impair, les perturbations tendent à se compenser encore deux à deux, mais il reste un *reliquat* qui peut aggraver l'oscillation de lacet, comme il peut aussi la diminuer, suivant l'instant où il se présente.

Pour prendre un exemple dans une machine moderne à 4 cylindres, la perturbation de lacet due à la conicité des bandages nous donnera 45 kilogrammètres par oscillation simple, et le reliquat des perturbations dues aux pièces oscillantes et tournantes non équilibrées, 8 kilogrammètres pendant la même oscillation simple, à la vitesse énorme de 150 kilomètres à l'heure.

Si la machine était à deux gros cylindres extérieurs, on aurait le même chiffre de 45 kilogrammètres, et 24 kilogrammètres au lieu de 8 pour les perturbations dues aux pièces oscillantes et tournantes non équilibrées.

En considérant le premier cas, on voit que l'oscillation ira en augmentant jusqu'à ce que le travail des frottements indiqués ci-dessus atteigne $45 + 8 = 53$ kilogrammètres pendant une oscillation simple.

Les frottements d'amortissement sont ceux que nous avons indiqués ci-dessus, et sans y comprendre naturellement le moment des frottements latéraux des bandages sur les rails, pour les motifs indiqués ci-dessus. Il est bien entendu que ces derniers frottements ont le plus souvent, dans la pratique, un puissant effet d'amortissement, qui suffit dans ce cas pour empêcher les boudins de venir en contact latéral avec les rails ; mais ils n'en ont aucun, nous le répétons, dans le cas le plus défavorable, que nous devons toujours envisager.

On voit combien nous sommes loin des théories anciennes des oscillations des locomotives librement suspendues. Nos calculs donnent une amplitude d'oscillation de lacet bien supérieure à celle qui résulte des anciennes théories ; l'observation de la pratique confirme du reste notre manière de voir. Mais notre théorie montre cependant que les

oscillations de lacet restent limitées et sans danger, même à l'énorme vitesse de 150 kilomètres à l'heure, quand la locomotive est disposée de manière que les conditions d'amortissement soient réalisées. Mais elle montre aussi :

1° Que le travail dû aux perturbations des pièces oscillantes et tournantes non équilibrées est proportionnel au carré de la vitesse du train;

2° Que l'amplitude et la violence de l'oscillation de lacet tendent à augmenter avec la vitesse, comme on peut le constater sur les machines à très grande vitesse. Peu importe du reste, puisque, même à 150 kilomètres à l'heure, ces oscillations sont sans danger avec une locomotive bien établie.

Voilà le résumé de notre étude de l'oscillation de lacet.

Nous étudions successivement, par la même méthode, les oscillations de recul, de galop, de roulis, etc., des locomotives.

Il n'y a pas, ici, l'oscillation maîtresse ou *primaire* due à la conicité des bandages ; mais il peut y avoir une autre oscillation *primaire* due à une autre cause ; les perturbations dues aux dénivellations de la voie et aux défauts horizontaux de la voie peuvent fournir cette oscillation primaire, soit par une grande oscillation isolée, soit par une oscillation répétée. Ainsi, par exemple, une grande oscillation de roulis due à une seule traverse affaissée peut être entretenue ensuite par la perturbation de roulis due à la composante de l'action de la vapeur sur les glissières, et cela sans synchronisme exact, mais en synchronisme avec multiples, sauf amortissement par les frottements des ressorts de suspension. Dans un autre cas, des oscillations de lacet dues à une voie déjà un peu déformée horizontalement, en forme de sinusoïde, peuvent être entretenues et exagérées par les oscillations de conicité des bandages et celles dues aux pièces oscillantes et tournantes.

Les oscillations de recul peuvent avoir comme oscillation primaire un brusque effort de traction ou un coup de frein, etc.

Il n'existe pas, du reste, des quantités d'oscillations de la locomotive et du matériel ; il n'y a qu'une grande oscillation *résultante*, qui, en cas de synchronisme exact ou avec multiple, va en augmentant jusqu'à ce que le travail du frottement pendant une oscillation simple soit équivalent à la somme des travaux des perturbations, pendant la même oscillation simple, déduction faite des compensations.

Nous étudions aussi les oscillations dues au serrage et au desserrage brusque des freins continus, etc. Nous le répétons, ces diverses études ne sont pas des théories mathématiques absolues, mais des travaux de mécanique appliquée, toujours perfectibles, comme les diverses formules de résistance des matériaux, d'hydraulique, etc., dont se servent couramment les ingénieurs.

Il résulte de notre étude que les oscillations dues au matériel lui-même ne sont pas graves en elles-mêmes, le plus souvent.

Mais il peut y avoir association avec les oscillations dues aux défauts verticaux et horizontaux de la voie, et cette association peut produire des déraillements dans certaines conditions fâcheuses de synchronisme, si ces défauts sont importants.

TABLE DES MATIÈRES.

---

tance de l'importance des gîtes auxquels elle va ou pourra s'appliquer et des intérêts qu'elle doit régler. La principauté de Schaumbourg-Lippe ne peut pas passer pour un sérieux pays minier. On n'y connaît qu'un petit bassin houiller qui est affecté dans son entier, depuis fort longtemps, à une entreprise fiscale formée par communauté entre le Gouvernement prussien et celui de la principauté. Il peut y avoir du sel et il se pourrait qu'on y trouvât de la potasse. Dans ces conditions de fait, la loi de Schaumbourg-Lippe ne mériterait pas qu'on s'y arrêtât.

Son intérêt théorique vient de ce qu'elle semble être par avance la loi d'application de la loi de principe ou d'attente que constituerait la loi prussienne du 18 juin 1907 (*), ou plus exactement de la loi dont le Gouvernement prussien avait soumis aux Chambres le projet et que celles-ci ont modifié; il y a toutefois cette différence entre la Prusse et Schaumbourg-Lippe que le nouveau régime, celui de la *Bergregal*, dont toutes ces lois s'inspirent par opposition avec le régime antérieur de la *Bergbaufreiheit*, ne s'appliquerait, en Prusse, qu'au groupe du sel et à la houille, tandis que la loi de Schaumbourg-Lippe ne fait aucune distinction entre les substances minérales détachées de la propriété du sol. Cette distinction avait un intérêt en Prusse en vue de continuer à susciter les découvertes et, par suite, les recherches autres que celles par ces sondages profonds contre lesquels ou plutôt contre les conséquences légales desquels on a voulu plus spécialement réagir; cet intérêt était moindre, pour ne pas dire nul, dans la petite principauté.

Les substances minérales détachées légalement de la propriété du sol et auxquelles s'applique la loi des mines sont à Schaumbourg-Lippe (§ 1 de la loi), comme en Prusse, limitativement indiquées. Ce sont les mêmes dans les deux pays, sauf qu'on a ajouté à Schaumbourg-Lippe le groupe des bitumes, asphaltes et pétroles.

Pour toutes ces substances, la loi écarte radicalement, comme nous le disions ci-dessus, le principe de la *Bergbaufreiheit*, c'est-à-dire de la liberté de les rechercher et de la liberté d'acquérir le droit de les exploiter, pour revenir au principe de la *Bergregal*, du droit régalien, conçu dans le sens le plus restrictif, le plus étroit. Le droit de rechercher et d'exploiter lesdites substances minérales est, en effet, déclaré appartenir exclusivement à l'État

(*) Nous avons donné la traduction et l'analyse de cette loi dans le présent volume (p. 217 à 241).

(§ 1); il peut soit l'exercer directement, soit le céder à des tiers, et cela soit par actes de puissance publique, par des concessions qui constitueront des propriétés perpétuelles, assimilées en principe aux propriétés immobilières de droit commun sous les restrictions spéciales que l'on va dire; soit par des contrats passés avec des tiers comme en matière de droit civil (§ 3).

La loi ne fait que mentionner ces contrats, qui sont de véritables amodiations consenties comme si l'État était propriétaire, à titre de droit privé, de la mine à amodier; il n'est même pas dit comment cette propriété a pu être juridiquement constituée et définie. C'est, en somme, le droit absolu et sans limitation pour l'État, avant même toute institution de concession, de céder à des tiers le droit de recherche et d'exploitation où il lui plaît, sur telle étendue et à telles conditions qu'il lui plaît, sauf à respecter les règles du Code civil sur les contrats. La loi prussienne du 18 juin 1907 avait prévu au moins que, avant que l'État pût passer de tels contrats, la propriété de la mine, objet du contrat, devait d'abord être constituée en sa faveur. La distinction primordiale, qui paraît si nécessaire, entre l'État puissance publique et l'État puissance morale, était au moins sauvegardée.

Pour les concessions instituées par acte de puissance publique, même latitude prononcée explicitement par la loi (§ 4) pour le choix de l'attributaire, le périmètre, les redevances à imposer et les autres conditions ou prestations que peut contenir l'acte de concession. Parmi ces conditions notamment, l'Exposé des motifs cite la faculté de constituer sur la mine la charge dite de *Freikux* (§ 49), qui consiste dans une redevance sur l'extraction, en nature ou en argent, à payer à des tiers tels que l'État, les communes ou autres collectivités de droit public. C'est un retour au *Mitbaurecht* ou droit de partage de l'antique droit allemand.

L'Exposé des motifs mentionne aussi l'obligation d'une extraction minimum.

La déchéance est prévue contre le concessionnaire (§ 22), soit s'il est en retard de plus d'un an pour le paiement des redevances, soit s'il contrevient à quelqu'une des obligations spéciales de son titre de concession, pour l'observation desquelles ledit titre a prévu cette sanction.

Disons de suite que la déchéance prononcée administrativement est poursuivie judiciairement dans le système prussien au profit du concessionnaire déchu ou des créanciers inscrits.

En somme, sauf la différence entre la nature juridique des droits de l'amodiataire et du concessionnaire, sauf la durée de la

concession qui est nécessairement illimitée en principe, tandis que l'amodiation ne paraît pouvoir être que temporaire, il semble qu'en réalité, dans l'application, sur le terrain de la pratique, il n'y ait pas grandes différences entre l'un et l'autre régime (*).

Ce système, qui mélange les maximes du droit régalien, de la *Bergregal*, avec certains principes du droit privé, va jusqu'à admettre (§ 15) que la recherche seule de la mine peut être érigée, par voie de concession, en droit de propriété, en propriété, avec toutes ses conséquences légales, mais alors à titre temporaire seulement.

Ces règles essentielles ainsi posées et si différemment de celle de la loi prussienne originaire des 24 juin 1865-24 juin 1892, les deux lois se rapprochent assez étroitement pour le détail des stipulations plus secondaires ou d'application, telles que celles concernant la définition du caractère juridique de la propriété formée par la concession, les *Gerverkschaften* ou sociétés particulières pour l'exploitation des mines, les occupations de terrains, les relations avec les ouvriers, la police administrative des mines.

Il y a lieu toutefois de noter cette particularité que, partout où la loi a voulu viser l'exploitant, abstraction faite du titre juridique en vertu duquel il exploite, comme pour les occupations de terrain, elle l'a fait sous une appellation générique voulue, l'*Unternehmer*, l'entrepreneur, qui pût englober tous les cas. C'est logique et c'est ingénieux ; mais il n'échappera pas que, pour les tiers, les garanties peuvent être singulièrement différentes entre le concessionnaire, propriétaire de la mine, et un amodiataire dont la responsabilité dégage celle du propriétaire.

En dehors de cette observation générale, je me bornerai, sur tous ces points, à ne relever que les quelques traits les plus essentiels qui différencient les deux législations.

Au sujet des relations entre la mine et la surface, la loi de Schaumbourg-Lippe a supprimé la clause formant le paragraphe 154 de la loi prussienne, qui définissait et délimitait le droit à indemnité de la mine au regard des ouvrages publics créés à la surface postérieurement à son institution ; la loi s'est bornée à renvoyer au droit commun. C'est logique à un certain point de vue dès que la nature juridique de la propriété de la mine est définie;

(*) Je n'insisterai pas notamment sur cette distinction, d'ordre purement juridique et théorique, que relève l'Exposé des motifs en faisant remarquer que, pour les concessions, les redevances seront recouvrées comme en matière d'impôt, tandis que, pour l'amodiation, elles relèveraient du droit privé.

seulement, étant donnée la nature de fait de cette propriété, l'expérience de tous les pays montre que ce système, à coup sûr commode, revient à substituer à la fixité de la loi l'arbitraire de la jurisprudence avec le fléau de ses variations.

Le paragraphe 153, qui définit les objets rentrant dans la police administrative des mines, correspond exactement au paragraphe 196 de la loi prussienne, sauf que l'on y a ajouté un dernier alinéa qui porte que : « La protection à assurer à la vie et à la santé des ouvriers implique le droit pour l'autorité minière de fixer la durée du travail, son commencement, sa fin et ses pauses. »

On doit également signaler l'extension du régime des mines et de leur police administrative non seulement à ce que nous nommons les « dépendances légales » des mines, mais aussi à leurs « industries annexes », l'administration décidant éventuellement si une entreprise doit être ou non rangée dans cette catégorie (§ 152).

Telle est cette loi de Schaumbourg-Lippe ; quand on oublie le territoire qu'elle doit régir, qu'on la prend en soi et qu'on la rapproche de la loi prussienne du 18 juin 1907, on ne peut échapper à certaines réflexions, pour peu que l'on ait suivi l'évolution moderne du droit minier, du *Bergrecht*, en Allemagne. Pendant longtemps, et cela n'est pas encore bien ancien, on a dit, écrit, enseigné partout en Prusse que la grande loi prussienne de 1865-1892 devait devenir le code minier de tous les pays allemands, l'*Allgemeine deutsche Bergrecht*, avec son principe fondamental de la *Bergbaufreiheit*. En même temps que cette assimilation paraissait, en effet, se prononcer à tout changement de législation dans un des États allemands, une première divergence se montrait et se généralisait au sujet du groupe du sel, y compris la potasse. La loi prussienne, à la différence de la loi saxonne, avait laissé le sel et les substances de son groupe sous le régime de la *Bergbaufreiheit*, comme toutes les autres substances minérales détachées de la propriété du sol ; les autres États allemands, en modifiant leur législation minière, avaient généralement adopté ce système. Puis un mouvement s'est fait de plus en plus étendu pour remettre le groupe du sel sous le régime de la *Bergregal*, c'est-à-dire son attribution à l'État qui dispose discrétionnairement du droit de le rechercher et de l'exploiter, soit par lui-même, soit par des amodiataires. Aujourd'hui, sur les vingt-six États de l'Allemagne, il n'y en a plus que deux, le grand-duché de Hesse (loi du 22 janvier 1874) et la principauté de Reuss (branche

cadette (loi du 9 octobre 1870), et un troisième partiellement seulement, la principauté de Birkenfeld dans Oldenbourg (loi du 18 mars 1891), qui aient conservé pour les substances du groupe du sel le régime primitif de la *Bergbaufreiheit* (*).

Ce mouvement, qui avait des causes spéciales, à raison tant de la nature même de la substance et de ses gisements que des taxes particulières qu'elle détermine, a changé de caractère et s'est étendu à d'autres substances, notamment aux combustibles minéraux, à la suite des accaparements consécutifs à la création et au fonctionnement des grandes compagnies de sondages. Nous ne reviendrons pas sur ce que nous avons dit ailleurs (**) de ces modifications. Nous nous bornons à constater ce mouvement dans les idées, qui amène à ce résultat curieux que, loin que Schaumbourg-Lippe emprunte à la Prusse son *Bergrecht*, il semble que ce soit celle-ci qui doive imiter la principauté.

L. A.

(*) Nous rangeons l'Alsace-Lorraine dans les États qui vont étendre le régime de la *Bergregal* au groupe du sel. La loi originaire de 1873 l'avait mis, comme la loi prussienne de 1865 dont elle n'est qu'une copie, dans le régime de la *Bergbaufreiheit*. Mais déjà l'Alsace-Lorraine a édicté une loi Gamp qui ne fait que préparer le régime imminent de la *Bergregal*.

(**) Voir ci-dessus, p. 218.

LA
CATASTROPHE DE COURRIÈRES

(10 mars 1906)

Par M. Ch.-E. HEURTEAU, Ingénieur au Corps des Mines.

Le 10 mars 1906, aux fosses 2, 3 et 4 des mines de Courrières, réputées parmi les plus sûres du bassin du Pas-de-Calais qu'on estimait lui-même l'un des moins dangereux, se produisait une explosion terrible, dépassant les plus grandes catastrophes minières connues, tant par le nombre des victimes que par l'étendue des travaux ravagés : 1.099 mineurs y trouvèrent la mort ; 110 kilomètres de galeries furent balayés par l'explosion elle-même ou par la chasse des gaz méphitiques. — Terrifiante aux yeux de tous par la destruction de vies qu'elle fit en un instant et par ses ravages matériels, la catastrophe de Courrières a produit une impression particulièrement profonde sur ceux qui s'intéressent aux mines, en mettant en évidence un danger jusque-là discuté ou méconnu, celui des poussières de charbon. Elle a été le premier grand « coup de poussières » des mines françaises.

L'objet de cette note est de décrire sommairement ce qu'étaient les fosses sinistrées avant la catastrophe, de raconter les événements qui ont suivi celle-ci, et de rapporter les constatations et les conclusions les plus intéressantes de l'enquête administrative que, chargé du sous-arrondissement minéralogique d'Arras, nous avons eu à suivre depuis le jour de la catastrophe. Cette étude a été divisée en plusieurs chapitres intitulés :

I. Indications générales sur le gisement. — Description des travaux et de l'aérage des fosses nos 2, 3 et 4.

II. Historique de l'incendie de Cécile.

III. Description des premiers effets de la catastrophe. — Récit des tentatives de sauvetage. — Remise en état des travaux.

IV. Nombre des victimes et remonte des corps.

V. Données sur la rapidité des effets de l'explosion par quartiers, déduites de l'examen de l'emplacement des corps des victimes. — Histoire des « rescapés ».

VI. Constatations relatives à la marche de l'explosion et à son origine probable.

VII. Hypothèses faites sur la cause de la catastrophe.

VIII. Constatations relatives à l'action des poussières.

IX. Conclusions.

Il a paru utile de joindre en outre au présent travail à titre d'annexe :

A. Le Rapport de la Commission chargée de procéder à une enquête sur les conditions dans lesquelles ont été effectués par les Ingénieurs de l'Etat les travaux de sauvetage (*).

B. L'Avis du Conseil général des Mines (**).

I.

INDICATIONS GÉNÉRALES SUR LE GISEMENT. DESCRIPTION DES TRAVAUX ET DE L'AÉRAGE DES FOSSES Nos 2, 3 ET 4.

La catastrophe du 10 mars s'est étendue sur trois sièges d'extraction, les nos 2, 3 et 4, qui sont alignés de l'Est à l'Ouest le long et au Nord de la ligne du chemin de

(*) Inséré au *Journal officiel* du 11 août 1906.
(**) Inséré au *Journal officiel* du 1er août 1907.

fer de Lens à Douai (Pl. II, *fig.* 3). La distance à vol d'oiseau du n° 2 au n° 3 est de 1.300 mètres ; celle du n° 3 au n° 4, de 1.200 mètres. L'ensemble des travaux s'étendait sur une longueur de 3.000 mètres ; leur largeur atteignait par places 1.500 mètres.

L'alignement des 3 fosses est parallèle à la direction générale des couches du faisceau de Billy. Les couches de ce faisceau exploitées actuellement aux fosses 2, 3 et 4 sont représentées sur la coupe stratigraphique (Pl. II, *fig.* 1). Les veines Sainte-Barbe, Joséphine et Marie, qui correspondent respectivement aux veines Du Souich, Alfred et Léonard de Lens, font la grande richesse du faisceau. Les champs d'exploitation étaient d'étendue très différente suivant les veines. Les travaux de Joséphine et de Sainte-Barbe, attaqués par les trois fosses, s'étendaient sur 3 kilomètres de longueur. Dans Marie, il y avait deux grands quartiers de 1 kilomètre chacun au n° 4 et au n° 3. Les champs d'exploitation des autres veines, plus minces et moins avantageuses, ou déjà épuisées, étaient beaucoup moins continus et de bien plus faible amplitude. Ces veines étaient Adélaïde, Eugénie, Amé, Cécile, Mathilde, Julie et Augustine.

Les couches sont affectées dans la région des trois fosses sinistrées par des plissements et accidents importants (Coupe Nord-Sud, Pl. II, *fig.* 2). Les veines en place ou en plateure se trouvent à la base du terrain actuellement reconnu ; elles sont généralement peu inclinées, leur pendage se faisant alternativement au Sud et au Nord, soit par le fait d'ondulations naturelles, soit par suite de glissements entre failles. Au Sud, les veines sont relevées par un grand pli général qui les renverse et les rabat vers le Nord en leur donnant une inclinaison vers le Sud de 45° environ ; les plis ou crochons des veines les plus importantes du faisceau, Sainte-Barbe, Joséphine et Marie, se trouvent à quelques centaines de mètres au Sud des puits 2,

3 et 4. Enfin les veines ainsi renversées, ou dressants, ont été brisées par une faille peu inclinée, dite faille des Plateures; le haut des dressants a été transporté au Nord parallèlement à lui-même en plusieurs paquets qui recouvrent ainsi, au-dessus de la faille des Plateures, le gisement des veines en place. La faille des Plateures, très nette dans la région du puits n° 2 qu'elle coupe à 280 mètres de profondeur, vient buter contre le tourtia, très près et un peu au Nord du puits n° 3, dont elle n'affecte donc que la région Sud; au puits n° 4, elle ne paraît pas dans la région actuellement reconnue, où l'on n'a affaire qu'aux veines en place et à leurs crochons. Nous ferons d'ailleurs remarquer tout de suite que dans les puits 2 et 3, l'exploitation des renversés au-dessus de la faille des Plateures est à peu près terminée; dans ce qui suivra, nous n'aurons donc guère à nous occuper que du faisceau en place, des crochons et des parties des dressants qui y sont soudés.

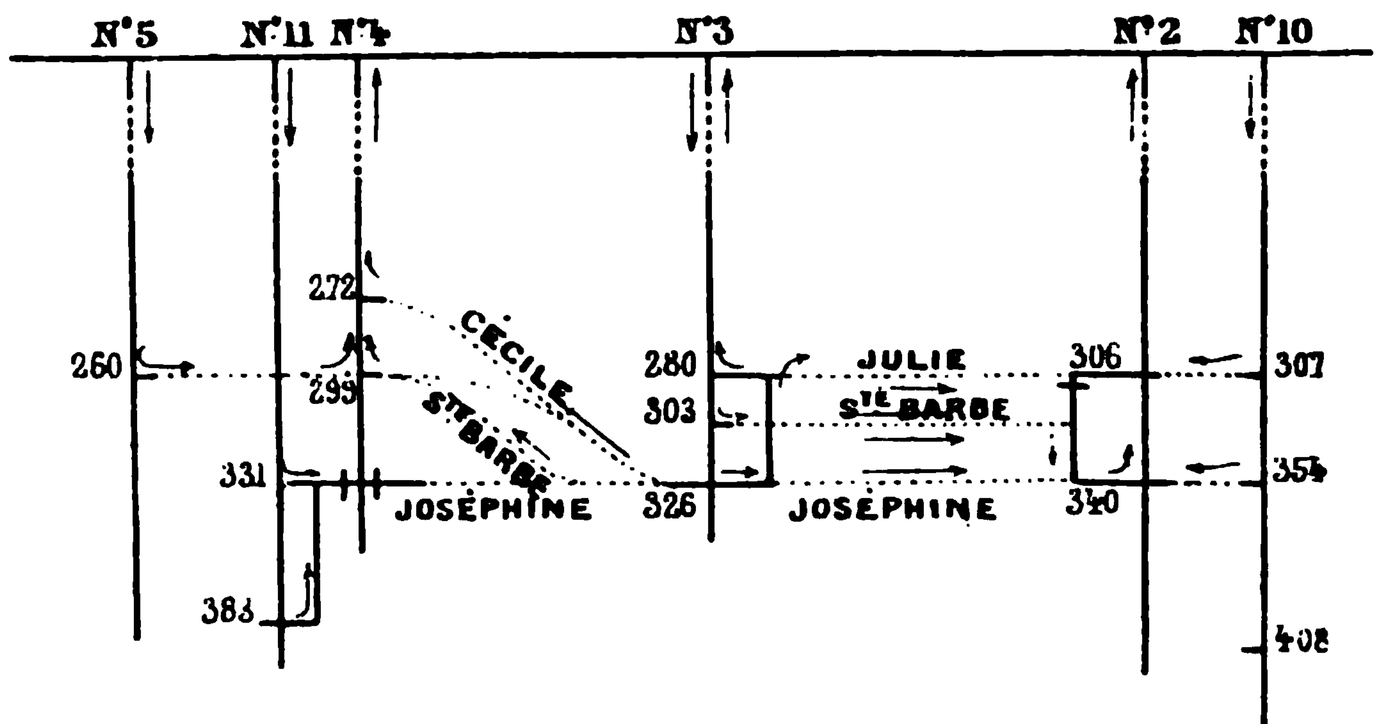


Fig. 1. — Schéma de l'aérage.

Avant de passer à la description des travaux et de l'aérage de chacune des trois fosses, nous indiquerons d'une façon générale le sens des courants d'air entre fosses et les niveaux principaux d'exploitation (*fig.* 1).

Le puits central, n° 3, était puits d'entrée d'air ; il envoyait à l'Est et à l'Ouest, au n° 2 et au n° 4, de notables quantités d'air frais par trois communications de chaque côté; cependant une partie de l'air entrant par le n° 3 ressortait par le même puits au moyen d'un goyot d'aérage, après avoir aéré les dressants situés au sud du puits. Le siège 4-11 avait un puits d'entrée d'air, le 11, et un puits de sortie, le 4, celui-ci recevant d'abord l'air entré par le n° 11, puis de l'air du 3, et aussi une petite quantité d'air venant du n° 5 situé au Nord-Ouest. Le puits n° 2, puits de sortie d'air, recevait de l'air à la fois du n° 3 et du n° 10, puits situé à 500 mètres au Sud; une très faible partie de l'air circulant dans les travaux du n° 2 sortait par le puits n° 14, situé à 1 kilomètre au Nord.

L'exploitation était active surtout aux niveaux suivants :

Fosse n° 2....................	340 mètres
Fosse n° 3....................	326 —
Fosse n° 4....................	331 —

Il y avait donc ainsi un grand étage d'abatage et de roulage qui s'étendait, presque de niveau, d'un bout à l'autre du champ d'exploitation des trois fosses, et où circulaient par des voies généralement larges les plus importants des courants d'air de fosse à fosse.

Fosse n° 2 (plan d'aérage, Pl. III). — Le puits n° 2, de $3^{m},85$ de diamètre et de 400 mètres de profondeur, avait quatre accrochages en service à 213, 258, 306 et 340 mètres, et un en préparation à 375. L'étage de 213 ne servait que comme retour d'air, tandis que les trois suivants étaient étages d'exploitation. L'extraction se faisait à 306 mètres.

La production de la fosse n° 2, en 1905, a été de 230.716 tonnes.

Le ventilateur de la fosse était un Mortier de $2^m,40$ de diamètre et $1^m,80$ de largeur, tournant à 280 tours et sortant un volume d'air de 36 mètres cubes, sous une dépression de 130 millimètres.

Nous ne parlerons pas des quartiers du Sud et de l'Est du n° 2, qui sont situés entre les n°s 2 et 10 et n'ont pas été atteints par la catastrophe du 10 mars; nous ne décrirons que les quartiers de l'Ouest, formant chacun une communication distincte avec le n° 3, qui ont seuls été intéressés par l'explosion. Le personnel du fond du n° 2 était de 517 hommes au poste du matin; sur ce total, 310 environ étaient occupés dans les trois quartiers sinistrés.

Ces quartiers de l'Ouest sont au nombre de trois, Julie à 306, Sainte-Barbe à un niveau intermédiaire entre 306 et 340, et Joséphine à 340.

Le quartier de Julie à 306 présentait 24 tailles en activité avec un personnel de 116 hommes. Il était aéré par deux courants, l'un de $4^{m3},480$ venu du n° 3, et l'autre de $1^{m3},910$ venu du n° 10 par la bowette 306. Les deux courants réunis remontaient par des bures à 237 mètres, puis à 213 mètres, et sortaient par le puits n° 2, à l'exception d'une dérivation peu importante servant à aérer la communication entre les fosses 2 et 6-14, à 213 mètres.

Sainte-Barbe était relié aux bowettes 306 et 340 par un bure, dit Bourlard. On n'exploitait plus là qu'un quartier peu étendu, voisin du bure Bourlard, et comprenant sept tailles avec un personnel de 28 hommes. L'air ($2^{m3},200$) venait du n° 3 à 303 mètres par une longue communication conservée dans les anciens travaux de Sainte-Barbe, et redescendait par le bure Bourlard à la bowette de 340 mètres.

A 340 mètres, le grand quartier de Joséphine, limité au Nord-Est par la faille Connétable, était surtout en traçages et en préparation, exception faite pour quelques

dépilages situés à son extrémité Nord. Un personnel de 134 hommes y était occupé. L'air arrivait principalement par le n° 3, les travaux de Joséphine des deux fosses communiquant largement entre eux; le volume était de 6^{m3},400 par seconde. Le courant descendu de Sainte-Barbe par le beurtia Bourlard rejoignait en haut des travaux de Joséphine 340 le courant venu du n° 3, et tous deux sortaient au n° 2 par l'accrochage 340.

Fosse n° 3. — Le puits n° 3 a un diamètre intérieur de 4 mètres et une profondeur de 360 mètres. Il est cuvelé en bois jusqu'à une profondeur de 97^m,07. Les accrochages ont été faits aux niveaux suivants : 193, 209, 231, 254, 280, 303, 326 mètres; les trois derniers, 280, 303, 326, étaient seuls en activité. L'étage de 280 ne servait plus que pour l'aérage; l'extraction se faisait uniquement à 326.

L'extraction en 1905 a été de 275.838 tonnes ; 482 ouvriers étaient occupés au poste du matin.

Le puits était divisé en trois compartiments. Le compartiment Ouest, qui descendait jusqu'à 209 mètres, ne servait plus à rien; le compartiment du milieu était celui des cages. Le compartiment Est servait de goyot d'aérage, il descendait seulement jusqu'à l'accrochage de 193 mètres, où l'air montait par une série de montages et de bures voisins du puits; sur le goyot tirait un ventilateur Guibal de 7 mètres de diamètre et 1^m,750 de largeur, tournant à 60 tours, et sortant un volume de 7 mètres cubes, sous une dépression de 35 millimètres.

Les travaux du n° 3, bien qu'un nombre restreint de veines y fussent exploitées, sont assez compliqués en raison des accidents et changements de pente qui séparent l'exploitation d'une même veine en de nombreux quartiers.

Au Nord du puits, les veines sont affectées par deux failles dirigées à peu près au Nord-Ouest : la faille de la

Sucrerie, qui coupe le puits à 350 mètres de profondeur, et la faille Connétable, qui, à l'étage de 326, passe à 700 mètres au Nord du puits. Entre ces deux failles les veines pendent au Nord, en se relevant un peu le long de la faille Connétable ; au Nord de celle-ci, elles pendent de nouveau régulièrement au Nord. Tout ce quartier du Nord a, comme retour d'air, le n° 2.

Au Sud du puits et de la faille de la Sucrerie, les veines ont une pente assez prononcée vers le Sud. Elles présentent une région de rétreintes au voisinage du puits et de la faille ; puis vient une plateure régulière, suivie du crochon et du dressant. Les travaux du Sud du puits avaient leur retour par le n° 4 et par le goyot, le premier servant plus spécialement aux veines en place, et le second aux dressants.

Pour la description des travaux, nous suivrons le plan d'aérage, en commençant par les travaux du Nord du puits aérés par le n° 2, pour prendre ensuite ceux des travaux du Sud qui sont aérés par le n° 4 et finir par les quartiers aérés par le goyot.

TRAVAUX DU NORD. — Cinq courants principaux les aéraient, un à 303 et quatre à 326.

Le *courant de* 303 (1^{m3},440) servait à aérer les seuls chantiers en activité à cet étage, situés dans une descenderie de Joséphine au Nord-Ouest, dite quartier Caporal, et se rendait ensuite au n° 2 dans les travaux de Sainte-Barbe.

A l'extrémité de la bowette Nord 303, une faible dérivation descendait dans Joséphine jusqu'au niveau de 326.

Les quatre courants de 326 peuvent s'appeler courant du Nord-Ouest, remontant à 280 ; courant du Nord, rejoignant le précédent à 280 ; courant de l'Est, restant au niveau de 326 jusqu'au n° 2, et enfin courant du Nord-Est, à 326 également, rejoignant le précédent avant son entrée sur le n° 2.

Le *courant du Nord-Ouest* (2^{m3},665) aérait successive-

ment des travaux dans Marie, Joséphine et Sainte-Barbe. — Dans Marie, quartier peu avancé encore, 26 hommes seulement étaient occupés dans les dépilages situés tout à fait à l'Ouest ; dans Joséphine, quartier très étroit, il n'y avait que 7 ouvriers occupés à des traçages. — Les travaux de Sainte-Barbe à 326 comprenaient une dizaine de dépilages avec 34 hommes ; ils étaient reliés par une longue communication en veine à un autre groupe de dépilages de la même veine, situés entre les niveaux de 326 et 280 au Nord-Ouest et occupant un personnel de 56 ouvriers. A la sortie de ce second quartier de Sainte-Barbe, à 280 mètres, le courant d'air allait au n° 2 par Julie, en envoyant seulement une faible dérivation (580 litres) au goyot du n° 3 par la bowette Nord 280.

Le *courant du Nord* (1^{m^3},780) aérait, à l'extrémité de la bowette Nord 326, les deux petits quartiers d'Augustine (5 ouvriers) et de Mathilde (36 ouvriers), et, remonté ainsi à 280 mètres, gagnait le n° 2 par Julie.

Le *courant de l'Est* (4^{m^3},835) aérait successivement les travaux de Marie 326, simples traçages occupant 12 hommes, et ceux de Joséphine, beaucoup plus étendus. La veine était attaquée par deux lignes de dépilages, au Nord et au Sud du quartier, avec 78 ouvriers. Elle présente deux voies de fond, dont l'une se prolonge directement dans le quartier de 340 au n° 2, par où sortait le courant d'air.

Le *courant du Nord-Est* (1^{m^3},500) pénétrait dans les travaux de Joséphine au Nord-Est (30 ouvriers) par un bure, le bure Ballon, et un trou de communication avec la bowette 326. Il aérait notamment les *voies Lecœuvre*, puis se dirigeait vers le n° 2 par une longue voie accidentée, dite *montée de Joséphine*.

Nous avons omis volontairement beaucoup de dérivations et communications de courant à courant, pour ne pas trop compliquer la description.

En définitive, les cinq courants principaux du Nord du n° 3 donnaient trois courants de sorties vers les travaux du n° 2, un à 280 vers Julie, un à 303 vers Sainte-Barbe, un à 326 vers Joséphine, suivant chacun une des communications entre fosses.

Travaux du Sud. — Vers le Sud, l'entrée d'air se faisait uniquement à 326, la bowette 303 étant fermée au sud du puits. Il entrait par 326 sept dérivations principales.

La *première* ($1^{m3}.350$) aérait deux écuries et faisait son retour à 280 mètres par le bure d'accrochage.

La *seconde* ($5^{m3}.250$) entrait dans Joséphine plateure à l'Ouest ; la veine avait été presque complètement exploitée depuis la limite du n° 4. Il restait en activité, tout près du stot du puits, deux descenderies où travaillaient 22 hommes. Au delà de ces descenderies, la voie de fond ne servait plus que comme communication continue et de niveau avec le n° 4, vers lequel se dirigeait l'air.

La *troisième* (500 litres) parcourait la voie de fond de Sainte-Barbe plateure Ouest, où se trouvait une écurie provisoire, et gagnait Sainte-Barbe au n° 4. Près de la limite du n° 4, des traçages assez étendus avaient été préparés ; mais il n'y avait encore aucune exploitation dans ce quartier.

La *quatrième* aérait Cécile plateure à l'Est et à l'Ouest. A l'*Est*, le courant ($2^{m3}.720$) aérait deux descenderies de Cécile (25 ouvriers), puis passait dans un grand quartier de Sainte-Barbe plateure Est, moitié en amont, moitié en aval-pendage, où 45 hommes étaient occupés. Le retour se faisait par un long châssis qui remontait jusqu'à 303 et redescendait ensuite dans Sainte-Barbe 326 Ouest pour sortir par le n° 4. A l'*Ouest*, Cécile plateure recevait un courant de $1^{m3}.350$; la veine avait été à peu près épuisée à cet étage ; l'exploitation, faite avec remblais, était montée jusqu'à une vingtaine de mètres au-dessous de la

voie de fond de 280 mètres. Il ne restait qu'un montage entretenu, pour servir de retour à une taille encore en activité à son pied. Le retour allait à 280 mètres rejoindre le goyot. C'est dans ce retour que s'est déclaré le feu de bois de Cécile auquel, pendant quelque temps après la catastrophe, a été attachée une grande importance.

La voie de fond de Cécile plateure Ouest rejoignait dans le crochon la voie de fond de Cécile dressant par où se faisait la cinquième dérivation de 326. Ce courant aérait quelques tailles dans le crochon et, par une longue communication montante, gagnait le n° 4.

Ces cinq premières dérivations, qui aéraient surtout les plateures du Sud des puits, alimentaient les trois communications du n° 3 au n° 4, que nous venons de passer en revue : celle par Joséphine et celle par Sainte-Barbe, toutes deux à peu près de niveau et continues, à 326-331, et celle par Cécile montant de 326 au n° 3 à 299 mètres et 272 mètres au n° 4.

La *sixième* dérivation (1^{m3},280) entrait dans Sainte-Barbe dressant Est et Ouest. — A l'Ouest, de longs traçages occupaient 16 ouvriers ; à l'Est, Sainte-Barbe n'était pas attaquée ; mais 11 hommes travaillaient au-dessus dans Adélaïde, et le charbon abattu par eux descendait à Sainte-Barbe par un bure. Parmi ces 11 hommes se sont trouvés 8 des « rescapés » sortis le 30 mars.

La *septième* dérivation (1^{m3},470) servait à l'aérage de Joséphine dressant Ouest, où un treuil et des dépilages en pleine exploitation occupaient 33 hommes, dont 5 ont aussi été des « rescapés » du 30 mars.

Les sixième et septième dérivations faisaient leur retour à 280 mètres et sortaient par le goyot du n° 3.

L'*étage de* 280 servait de retour à tous les courants aboutissant au goyot (*fig.* 2) ; celui-ci ne commençait qu'à

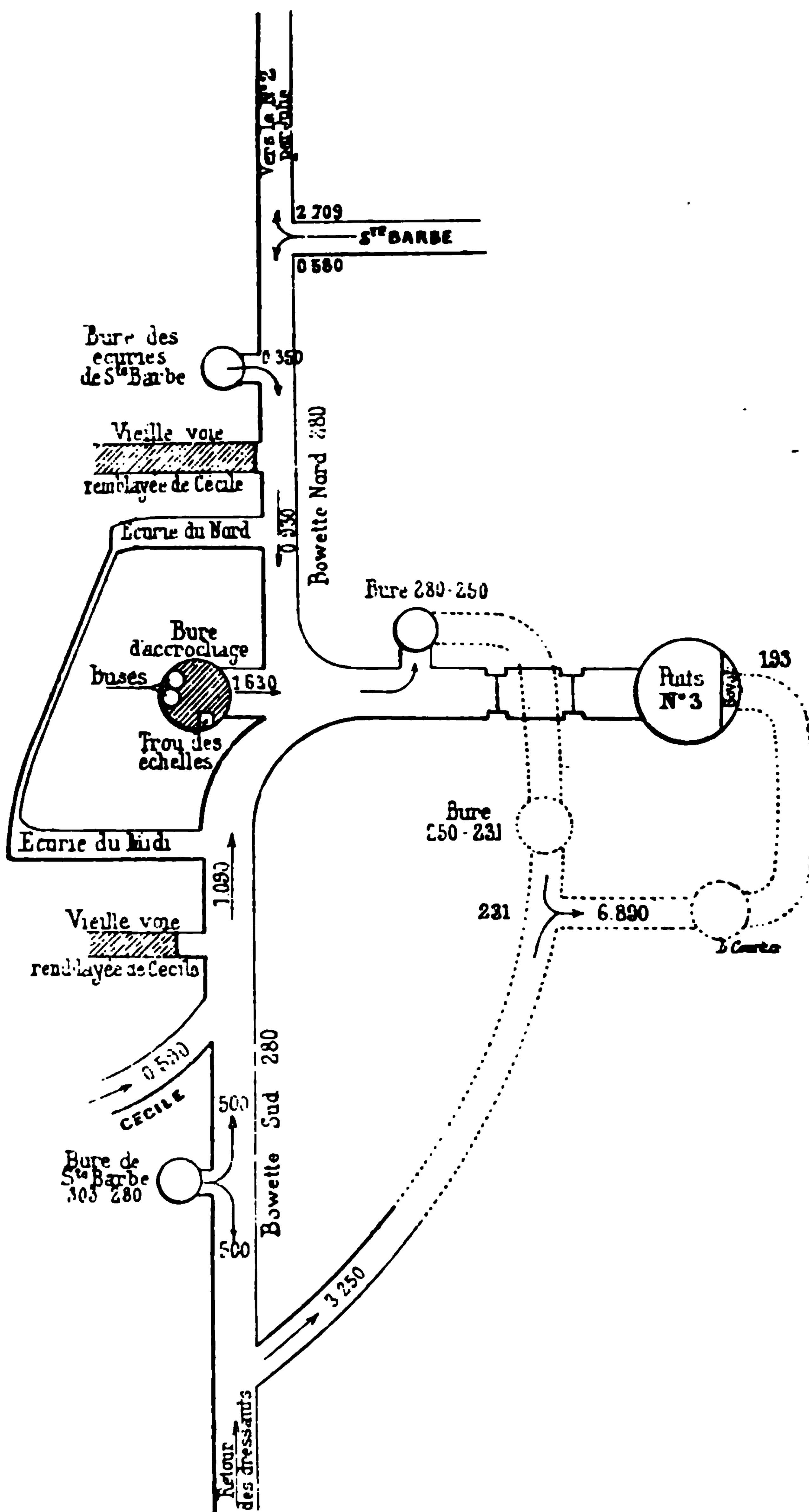


Fig. 2. — Plan schématique des retours d'air à 280 et au goyot.

l'accrochage de 193, l'air y était conduit par deux voies allant de 280 à l'accrochage de 231, d'où un courant unique montait à 193. La première voie est un montage tracé dans Joséphine au Sud du puits, partant de la bovette 280 à 300 mètres du puits et allant directement rejoindre la bowette Sud 231 ; les retours des dressants (2^{m3},750) arrivant du Sud et une dérivation de 0^{m3},500 montée Sainte-

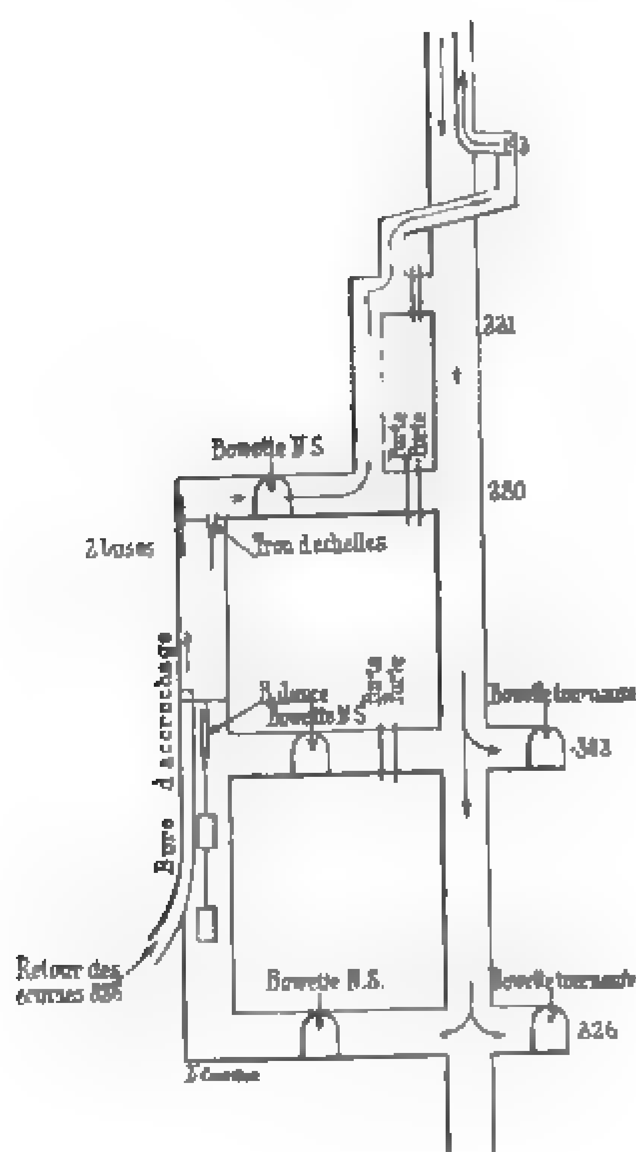


FIG. 3. — Coupe Est-Ouest par le puits n° 3 et le bure d'accrochage.

Barbe 303 à la bowette 280, soit 3^{m3},250 au total, montaient par là au goyot. La seconde voie d'accès au goyot était un bure double situé à l'accrochage 280, entre le

puits, dont il était isolé par une porte double, et les bowettes Nord et Sud. Il montait à 250, puis à 231, en servant de passage à la réunion des trois courants venant respectivement :

1° De la bowette Sud 280, où débouchaient le retour de Cécile plateure par la voie de fond 280 (590 litres) et une dérivation de Sainte-Barbe 303 par un bure montant (500 litres), soit 1^{m3},090 au total ;

2° Du bure d'accrochage situé contre la bowette à l'Ouest, par où se faisait le retour de la 1re écurie de 326, soit 1^{m3},620, y compris les fuites à 303 ;

3° De la bowette Nord, 280 où débouchaient d'abord 0^{m3},350 par le bure de retour des écuries de Sainte-Barbe 303, puis une dérivation de 580 litres du retour de Sainte-Barbe Nord-Est, soit 930 litres au total.

Le bure 280-250 recevait donc au total 3^{m3},640, et le goyot $3^{m3},640 + 3^{m3},250 = 6^{m3},890$.

Le croquis (*fig.* 3) montre comment était réalisé l'isolement entre l'entrée d'air et le retour du goyot.

Fosse n° 4-11. — Le siège double 4-11 se compose d'un puits d'entrée d'air et d'extraction, le n° 11, de 4^m,80 de diamètre et de 417 mètres de profondeur, et d'un puits de sortie d'air, le n° 4, de 4 mètres de diamètre et de 356 mètres de profondeur. La ventilation était faite par un ventilateur Mortier placé sur le n° 4, de 2^m,40 de diamètre et 1^m,80 de largeur. La dépression était de 60 millimètres, et le volume d'air aspiré de 46 mètres cubes par seconde.

Le puits 4 de retour d'air a trois accrochages en service : à 272 mètres et à 299 mètres sont les deux accrochages de retour d'air ouverts sur le puits ; à 331 est un accrochage fermé des deux côtés. Le puits 11 a deux accrochages d'entrée d'air à 331 et à 383. Les bowettes des étages 272, 299 et 331 passent par le puits n° 4 ; la

dernière est reliée par un recoupage au n° 11. La bowette 383 passe par le puits n° 11.

Deux étages étaient en exploitation, 331 et 383. L'extraction se faisait à 383, où les produits de 331 étaient descendus par deux bures, le bure d'accrochage et un bure reliant les deux bowettes 331 et 385 à 130 mètres et au Nord des puits. A 299, il n'y avait plus qu'un quartier en exploitation dans Joséphine au Nord-Est.

L'extraction, en 1905, a été de 321.200 tonnes; le poste du matin comprenait 665 ouvriers.

Les veines exploitées au n° 4 pendent de façon générale vers le Sud, mais avec une inclinaison très faible. On a rencontré au Sud leurs crochons; les dressants ont une inclinaison plus marquée, également vers le Sud. Au Nord des puits, un accident fait plonger les veines en place dans la direction opposée, au Nord, de sorte que la bowette Nord 331 n'a pas dépassé, en descendant la série des veines, la veine Eugénie, et a recoupé, après avoir traversé l'accident, la veine Marie, puis la veine Joséphine, en attendant les veines supérieures.

L'aérage du n° 4 était très compliqué ; aussi ne le décrirons-nous que dans ses grandes lignes. Huit courants principaux pénétraient dans les travaux : quatre entrés par le puits n° 11 et les bowettes Nord et Sud 331 et 383 ; trois venus du n° 3 par Joséphine, Sainte-Barbe et Cécile ; et enfin un, très faible, venu du n° 5 par Joséphine à 299.

L'étage de 383 ayant été peu atteint par l'explosion, il n'y a pas lieu de s'attarder à sa description. La *bowette Nord* 383 desservait quelques traçages dans Intermédiaire, Eugénie et Amé avec un personnel total de 11 hommes; le retour ($1^{m3},664$) se faisait par un bure montant à la bowette Nord 331. La *bowette Sud* 383 servait de roulage aux produits des quartiers assez étendus du Sud, où travaillaient 120 ouvriers. Le courant d'air

($5^{m3},610$) se partageait en plusieurs dérivations aérant les veines Adélaïde, Eugénie, Amé, Marie et Joséphine. Le retour général de l'étage était un bure, dit bure Lefel, montant à 331 et constituant d'ailleurs la seule communication entre les étages au Sud du puits.

La *bowette Sud* 331 servait d'entrée pour six courants secondaires.

Le premier (1 mètre cube) entrait dans Marie Est; après avoir parcouru les tailles d'une descenderie (21 ouvriers), il rejoignait un recoupage vers Joséphine et dans cette veine un retour à 299, dit « montée des échelles ».

Le second (3 mètres cubes) aérait Marie Ouest, dont la voie de fond se recourbe au Nord dans la veine presque plate. Il y avait là trois descenderies en traçage et des dépilages occupant au total 70 ouvriers. Le retour se faisait par le bure d'accrochage de 331 à 299.

Le troisième courant ($1^{m3},375$) pénétrait dans Joséphine plateure à l'Est. La veine est de ce côté affectée par de nombreux accidents, dont un assez important, à 400 mètres de la bowette; les travaux de ce quartier ne l'ont pas franchi. Ils consistaient en traçages en amont et en aval-pendage avec 34 ouvriers au total. Le retour du quartier se faisait en veine à 299 mètres.

Le quatrième courant ($4^{m3},720$) entrait par la voie de fond de Joséphine plateure Ouest, servait à aérer d'une part des dépilages de cette veine qui occupaient 48 hommes et dont le retour se faisait en veine à 299, d'autre part deux quartiers de Sainte-Barbe et de Cécile isolés au Sud-Ouest, comportant surtout des traçages étendus où travaillaient 53 ouvriers. Le retour de ces deux quartiers se faisait par une communication dans Cécile aboutissant à la bowette Sud 299.

Le cinquième courant ($2^{m3},840$) aérait Sainte-Barbe plateure et dressant à l'Est. Il pénétrait par Sainte-Barbe plateure, aérait les deux descenderies du crochon (13 ou-

vriers) et sortait par Sainte-Barbe dressant. Une dérivation de ce courant aérait, par un bure, 10 ouvriers occupés dans Cécile dressant. Le retour de ces quartiers se faisait en partie par la bowette Sud 299, en partie par un long montage dans Cécile aboutissant au puits n° 4 au niveau de 272 mètres.

Le sixième courant (3^{m3},750) parcourait Joséphine renversée entre 331 et 299, et même au-dessus de ce niveau, pour faire son retour par la bowette Sud 299. Il aérait 19 ouvriers.

La *bowette Nord* 331, fermée au voisinage des puits 4 et 11, ne recevait que de l'air entré à 383 et monté par un bure de bowette à bowette, sous un volume de 6^{m3},150. Un premier courant secondaire entrait dans Amé, parcourait les tailles en pleine activité de cette veine, à l'Est et à l'Ouest, en aval et en amont-pendage, et aérait un personnel de 71 ouvriers; il aboutissait au pied d'un bure montant à Marie. Un deuxième courant secondaire entrait dans les tailles d'Eugénie, groupées près de la bowette et occupant 44 ouvriers, puis aérait Marie et Joséphine (15 hommes) à l'extrémité de la bowette Nord. Les deux courants se rejoignaient au pied du bure montant à Marie, et, dans cette veine, une dérivation gagnait par les fronts de Marie le bure d'accrochage de 331 à 299, tandis que le reste (3^{m3},150) aérait les travaux de Marie Nord-Est, consistant en une descenderie de 22 ouvriers. Le retour se faisait à 299 mètres par Marie Est, le recoupage sur Joséphine et la « montée des échelles ».

Il nous reste à étudier sur le n° 4 les trois courants venus du n° 3. Deux d'entre eux, ceux de Sainte-Barbe et de Cécile, ne pénétraient pas dans les travaux proprement dits du n° 4. Celui de Sainte-Barbe 326-331, arrivé à la limite du n° 4, montait à 299 mètres par un long montage dans cette veine; celui de Cécile 326-299 arrivait au n° 4 au niveau même des retours et gagnait le puits

n° 4 par deux branches formées, l'une par un recoupage sur Sainte-Barbe et Joséphine 299, l'autre par un long montage dans Cécile aboutissant à 272 mètres.

Le courant de 5^{m3},250 venu du n° 3 par Joséphine servait, lui, au contraire, à aérer des travaux importants au n° 4 ; la partie principale de l'air passait dans des dépilages actifs de Joséphine, voisins de la limite du n° 3, où travaillaient 54 ouvriers, puis faisait son retour à 299 mètres par la « montée des échelles ». Une dérivation de 1^{m3},230 obliquait à droite par un long châssis montant et aboutissait à 299 mètres ; là, elle aérait les seuls travaux en activité à cet étage, traçages en descenderies de Joséphine occupant 8 hommes. Le retour se faisait à 272 mètres par une voie d'Augustine.

Nous avons signalé plus haut un courant venu du n° 5 au n° 4 ; il parcourait simplement la voie de fond de Joséphine 299 Ouest, communication entre les deux fosses, et ne pénétrait dans aucun chantier ; il n'avait qu'un faible volume (0^{m3},988).

Il n'y avait pas dans les fosses sinistrées de quartier classé grisouteux. La recherche de grisou avait lieu régulièrement la nuit du dimanche au lundi, par les soins d'un porion contrôleur par fosse, dans tous les travaux neufs et dans les voies en ferme de certains quartiers en traçage. Il n'a jamais été signalé de gaz, sauf au n° 4 à l'étage de 383 où, à plusieurs reprises, en 1902, 1903, 1905, le porion contrôleur crut constater sa présence : l'ingénieur de la fosse, prévenu, n'en trouva jamais trace. On peut se demander s'il n'y a pas eu erreur du surveillant qui n'avait pas eu jusque-là l'occasion de voir du grisou en quantité indiscutable. En tous cas, le Service des Mines n'a pas eu connaissance de ces faits en leur temps.

L'étage de 383 du n° 4 était d'ailleurs en observation et le règlement sur les mines à grisou du 25 février 1898 lui était appliqué.

Les lampes employées dans les travaux étaient à feu nu, sauf à l'étage en observation de 383 mètres au n° 4 et dans plusieurs voies d'avancement situées dans des régions inconnues, où les lampes Wolf à benzine étaient seules en usage. Les voies s'avançant dans des régions inconnues étaient surtout des descenderies de Marie au n° 3 et au n° 4.

Comme explosif, on ne se servait que de l'explosif Favier, à l'exclusion de la dynamite et de la poudre noire, interdite par le Service des Mines à la suite d'une inflammation de poussières en 1895. La poudre Favier n° 1, à 88 d'ammoniaque et 12 p. 100 de nitronaphtaline, était surtout employée ; les grisounites couche ou roche ne servaient que pour l'étage de 383 en observation et les travaux s'avançant vers des régions inconnues. Les explosifs étaient employés soit pour l'abatage même du charbon, soit pour le coupage du mur et les bowettes.

II.

HISTORIQUE DE L'INCENDIE DE CÉCILE.

Nous avons décrit les travaux des fosses sinistrées tels qu'ils étaient à l'état normal. Or, pendant les quelques jours qui ont précédé la catastrophe, l'état normal n'existait pas à la fosse n° 3, en raison d'un incendie qui s'était déclaré dans la veine Cécile plateure 326 Sud-Ouest.

Cet incendie a joué un grand rôle par la suite ; c'est à lui, aussitôt après la catastrophe, qu'on en a attribué la cause première ; c'est la crainte des explosions et des

ravages qu'il pouvait encore produire qui a déterminé, aux premiers jours du sauvetage, la conduite à tenir et les mesures à prendre. Pour suivre l'ordre chronologique et pour n'avoir pas à y revenir, nous allons faire brièvement en sa place l'histoire de cet incendie et de la lutte entreprise contre lui.

C'est dans la nuit du 6 au 7 mars qu'il fut découvert. Il avait été allumé probablement par la lampe d'un raccommodeur qui travailla peu avant dans Cécile, mais qui mourut le 10 mars et dont on n'eut aucun renseignement. Il est certain, toutefois, qu'il devait être facile d'allumer avec une lampe à feu nu les bois du montage de Cécile qui sont à l'état de pourriture sèche. Un parasite y a transformé le bois en poudre fine, renfermée dans une gaine de tissu fibreux ; agitée au-dessus d'une lampe à feu nu, cette poudre donne une flamme très vive.

L'incendie fut découvert à dix heures du soir, le 10 mars, par un conducteur qui ramenait son cheval à l'écurie de la bowette du Nord 280 (*fig.* 4) et qui remarqua que l'accrochage était plein de fumée. Il prévint plusieurs porions, qui constatèrent à 280 que la fumée venait de la voie de fond de Cécile et qui redescendirent à 326 pour visiter cette veine en l'abordant par l'arrivée d'air. Ils trouvèrent le feu en haut du montage et commencèrent à l'arracher avec des ouvriers venus de Cécile Sud-Est. Le feu était aux bois de la paroi de gauche ; on en enleva 15 ou 20. Le chef porion Havez, arrivé vers une heure du matin, vit qu'un éboulement menaçait de se produire, fit retirer le personnel en arrière et ordonna de construire en E_1 une estoupée en pierres sèches et en terres, de 3 mètres à $3^m,50$ de longueur, qui fut terminée à six heures et demie du matin.

L'ingénieur de la fosse, M. Barrault, avisé de l'incendie vers sept heures, vint aussitôt à la fosse et fit commencer un barrage en pierres B_1, qui eut $1^m,50$ à 2 mètres d'épais-

seur ; il fut complété plus tard par un barrage de $1^m,20$ en maçonnerie B_1 au ras de la bowette.

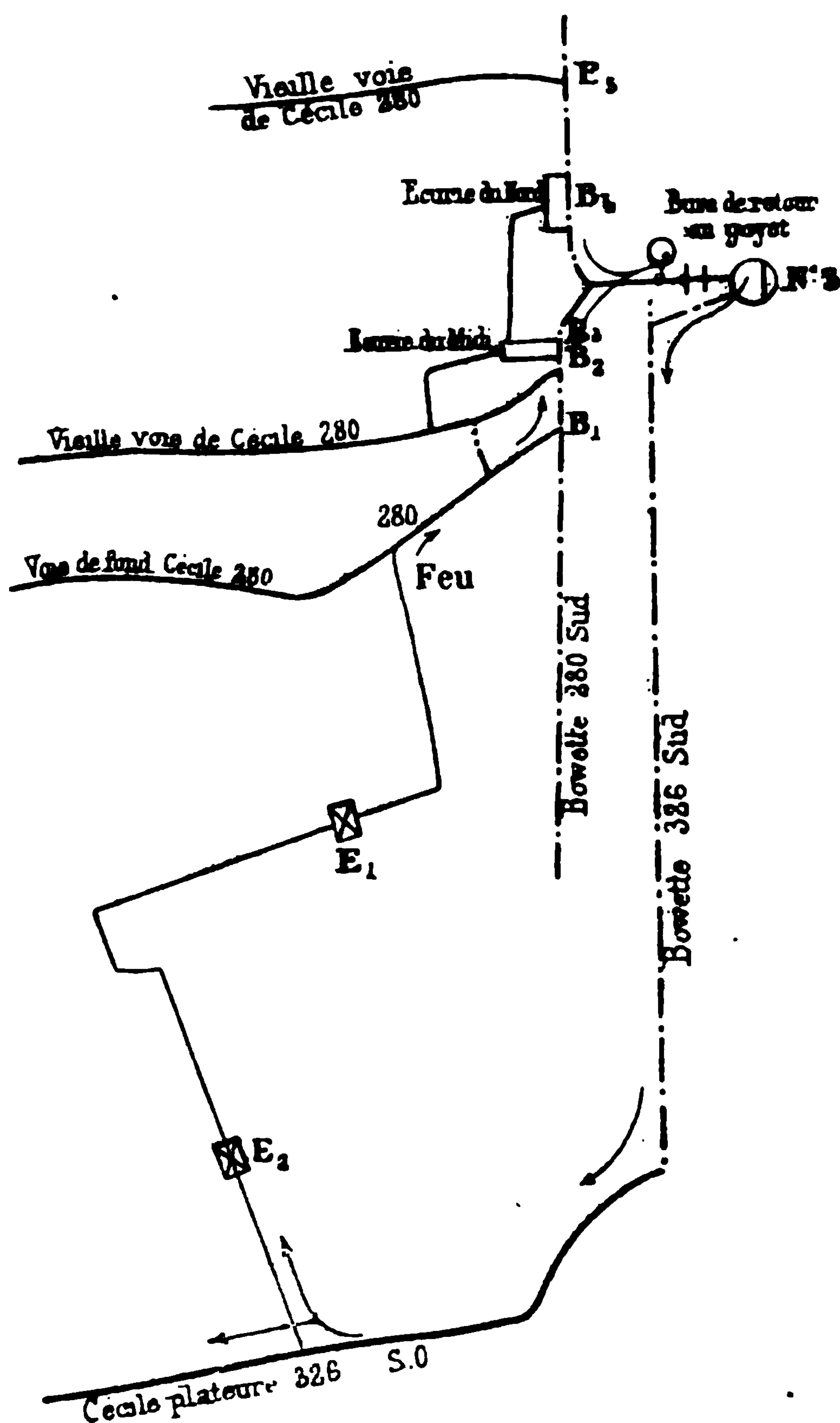


Fig. 4.

Vers huit heures, M. Bar, ingénieur en chef de la Compagnie, donna l'ordre de faire une deuxième estoupée à 326 en E_2 ; elle fut faite rapidement; son épaisseur n'était que de $0^m,80$.

A partir de ce moment, la lutte contre le feu se concentra à 280 le long des bowettes Sud et Nord. Le barrage B_1

fut terminé le 8 au matin, puis prolongé au Nord et au Sud par un pan de maçonnerie destiné à faire un raccordement bien étanche avec la paroi de la bowette.

Dès la matinée du 7, on avait remarqué de la fumée dans la vieille voie de Cécile, située plus au Nord et remblayée jusqu'à 15 mètres de la bowette, ainsi que dans les écuries du Sud et du Nord. On fit un barrage de une brique et demie d'épaisseur (0m,35) en B_1, puis un barrage B_2 d'une brique seulement à l'entrée de l'écurie du Sud, enfin un barrage B_3 à l'entrée du Nord.

Comme des gaz d'anciens travaux, ou « puteux », se dégageaient à l'entrée d'une autre voie de Cécile située encore plus au Nord, on y commença, dans la nuit du 8 au 9, un barrage B_4 en maçonnerie. Il fut fermé dès le 9, mais on continua jusqu'au moment de la catastrophe à le raccorder avec la paroi de la bowette.

Pendant ces travaux, les ouvriers furent incommodés, mais sans gravité, par les dégagements des fumées au travers des barrages B_1, B_2, B_3 et B_4 et des « puteux » au travers du barrage B_4.

On s'efforça, dès la découverte de l'incendie, de forcer l'aérage dans les bowettes de 280 pour en balayer les fumées. A cette fin, d'une part, au Sud, on mit une porte dans le montage allant de la bowette 280 Sud à l'accrochage de 231 (*fig.* 2), de manière à forcer dans la bowette vers le puits le retour des dressants. D'autre part, au Nord, on établit une porte au Nord du bure des écuries de Sainte-Barbe pour isoler complètement de l'accrochage la voie de Julie, retour vers le n° 2. Les fumées ne pouvaient d'ailleurs gagner de ce côté, car elles auraient dû remonter le courant de 0m³,930 de la bowette Nord.

Du côté du n° 4, de peur d'un entraînement de fumées par Cécile, on fit évacuer les tailles de Cécile plateure 326 Sud-Ouest et du crochon de cette veine. En même temps,

les retours de Cécile au n° 4 étaient barrés à claire-voie, et devenaient l'objet d'une surveillance quotidienne. Il n'y fut constaté ni gaz ni odeur suspects.

On a parlé du renvoi au jour d'un grand nombre d'ouvriers de la fosse n° 3 que l'Ingénieur, M. Barrault, n'aurait pas voulu garder au fond en raison des dangers que leur faisait courir l'incendie. Il n'a pu être recueilli aucun témoignage précis affirmant un fait de cette nature. Le machiniste de nuit et le moulineur de jour ont affirmé, au contraire, qu'aucune remonte anormale de personnel n'avait eu lieu pendant les journées qui précédèrent la catastrophe.

III.

DESCRIPTION DES EFFETS DE LA CATASTROPHE. — RÉCIT DES TENTATIVES DE SAUVETAGE. — REMISE EN ÉTAT DES TRAVAUX.

D'après l'ensemble des témoignages, elle s'est produite entre six heures et demie et six heures trois quarts du matin. Nous allons faire successivement le récit de ce qui s'est passé à chacune des trois fosses.

Fosse n° 3. — Au n° 3, M. Petitjean, ingénieur principal, qui remontait d'une tournée d'inspection aux barrages de 280, se trouvait seulement au pied de l'escalier du moulinage quand le moulineur le rappela en lui criant qu'une cage venait d'être mise aux molettes ; en se retournant à cet appel, M. Petitjean vit une fumée noire sortant déjà de la porte du moulinage. Il ne put y pénétrer de suite, tellement cette fumée était épaisse. Quand elle fut tombée, on put constater que la cage était

sur les taquets ; elle n'avait donc pas sauté bien haut. Une des tôles du moulinage était soulevée. Les sonnettes du fond ne marchaient plus. M. Petitjean avait constaté que le ventilateur aspirait de l'air frais ; le goyot était donc détruit. Le ventilateur fut arrêté, et M. Petitjean fit installer une chute d'eau dans le puits pour rétablir le courant descendant. Puis il tenta avec le porion Clabecq de descendre par les échelles du goyot d'aérage ; l'air y devenait vite mauvais. Bientôt ils trouvèrent des trous dans la cloison. Ils ne purent dépasser la profondeur de 70 mètres, à partir de laquelle les échelles étaient tombées. Force fut de remonter au jour. Le câble de la cage du fond fut coupé et amarré ; l'autre câble reçut un cuffat à la place de sa cage. Pendant ces opérations, grâce à la chute d'eau dans le puits, le courant d'air descendant commençait à se rétablir. Vers neuf heures, il fut possible de descendre dans le cuffat : MM. Petitjean et Fournier, ingénieurs, Clabecq, porion d'abouts (*), et Caucheteux, brondisseur, y prirent place ; à partir de 50 mètres de profondeur, ils se heurtèrent à des débris de planches, de guides, etc... ; ils remontèrent un à un ceux qui paraissaient les plus dangereux. A 100 mètres, les fumées séjournaient toujours ; il fallut attendre. Quand le nuage qu'elles formaient baissa, on put poursuivre la tentative de descente ; l'obstruction devenait de plus en plus serrée ; toute la cloison de séparation du goyot s'était rabattue dans le compartiment des cages. De plus, les moises diamétrales qui portent les guides s'étaient rompues à l'une de leurs extrémités et pendaient en porte-à-faux avec les guides qu'elles soutenaient encore. MM. Petitjean, Fournier et Clabecq commencèrent la remonte, un à un, des matériaux qui encombraient le puits. A dix heures et quart

(*) Le porion d'abouts et, sous ses ordres, le brondisseur sont chargés de la surveillance et de l'entretien des puits (cuvelage, guidage, etc.).

du matin, M. l'ingénieur en chef des mines Léon, en prenant la direction du sauvetage, donna l'ordre à M. Petitjean de continuer ce travail ; c'est ce qui fut fait pendant toute la journée du 10 ; on put parvenir à 160 mètres environ. Vers dix heures du soir, le même jour, M. l'ingénieur des mines Leprince-Ringuet, descendu dans le tonneau, se rendit compte du danger excessif du travail tel qu'il avait été fait : on s'était avancé en se débarrassant seulement des pièces de bois qui empêchaient la descente du tonneau, sans consolider celles qui tenaient encore, mais que le battement du câble pouvait faire tomber d'un instant à l'autre sur les sauveteurs. Vers deux heures de l'après-midi, puis vers sept heures, ceux-ci avaient cru entendre un appel venant du fond, et c'est ce qui leur avait fait précipiter leur travail. M. Leprince-Ringuet donna l'ordre de ne pas descendre plus bas avant d'avoir consolidé, même d'une façon sommaire, les pièces branlantes du guidage. Puis il s'occupa de préparer la chute de poids dans le puits pour faire un trou à travers les matériaux obstruants. Mais ce projet fut abandonné, car il devenait sans objet immédiat, quand on apprit un peu plus tard que l'accès des accrochages du n° 3 était possible en venant du puits n° 10.

Le travail de consolidation, puis d'avancement dans le puits n° 3 n'en continua pas moins toute la nuit et toute la journée du 11. Le 11 au soir, à dix heures, quand il fut arrêté, on était parvenu à 170 ou 180 mètres.

Fosse n° 4-11. — Au puits n° 11, le mécanicien et le moulineur virent sortir du puits un nuage de poussières noires ; le moulineur, qui se trouvait tout près du puits, tomba à la renverse, sans se faire de mal. La cage du jour était en train d'être soulevée au-dessus des taquets pour redescendre ensuite ; elle fut envoyée aux molettes, beaucoup plus, probablement, par suite de l'émotion du mé-

canicien que sous l'effet d'une poussée suffisamment violente venue du puits. Elle retomba sur les taquets de sûreté. Le chef porion Douchy, en train de s'habiller pour descendre, dans un bâtiment situé à 100 mètres du moulinage, entendit un bruit « semblable à celui que fait la rupture d'une conduite à vapeur » ; se précipitant hors des lavabos, il vit une colonne de fumée qui s'élevait au-dessus du puits 11. Au puits n° 4 de retour d'air, 4 ouvriers travaillaient à changer quelques pièces du cuvelage et étaient installés sur un plancher provisoire un peu en contre-bas de la galerie du ventilateur. Ils entendirent comme un coup de canon; puis arriva une violente chasse d'air. L'un d'eux, Douai, fut projeté dans la galerie du ventilateur; deux autres purent saisir les échelles; quant à Douai, qui, sans feu et étourdi, ne pouvait trouver son chemin, il fut sorti par le surveillant Ruban qui vint le chercher. Le quatrième ouvrier était tombé sur des planches inférieures auxquelles il resta accroché par une jambe sans donner signe de vie. L'accès de la galerie du ventilateur et du puits fut rendu presque aussitôt impossible par l'arrivée des gaz irrespirables. Ce n'est qu'à onze heures du soir que l'on put aller chercher le corps.

M. Bousquet, ingénieur de la fosse, prévenu aussitôt, fit d'abord refermer le puits n° 4 avec un plancher et de l'argile, puis dégager la cage du n° 11. En attendant que ce travail fût terminé, l'air étant redevenu respirable dans le puits, MM. Bar, ingénieur en chef de la Compagnie, Domézon, ingénieur divisionnaire, Bousquet, Douchy, chef porion, Dacheville, délégué mineur, etc., descendirent par les échelles. Au moment où ils s'y engageaient, 3 ouvriers en sortaient; ils travaillaient dans Amé 383 et étaient remontés par le bure Lefel à 331, où ils avaient pris les échelles. Ils déclarèrent que l'accrochage de 383 était en feu. Les ingénieurs et ceux qui les accompagnaient

passèrent par les échelles devant l'accrochage 331. Il est difficile à cet étage, dont l'accrochage n'existe que d'un côté du puits, de prendre les échelles qui sont du côté opposé ; aussi un grand nombre d'ouvriers attendaient la cage à cet accrochage ; comme les trois hommes déjà sortis, tous travaillaient à 383 et étaient remontés à 331 par le bure Lefel. Les ingénieurs leur crièrent en passant d'attendre la cage qui allait descendre, et continuèrent leur route jusqu'à 383. Ils trouvèrent les hommes de l'accrochage brûlés et morts, sauf un galibot qui vivait encore, près de la bowette tournante du Sud, mais qui avait eu un bras arraché.

Dans la bowette Sud, l'aérage normal s'était rétabli. MM. Bousquet, Douchy et Dacheville s'y engagent, ils trouvent à l'entrée d'Adélaïde 20 ouvriers avec le porion Dumont, qui attendaient : le mauvais air les avait empêchés jusque-là de pénétrer dans la bowette. On les renvoie à l'accrochage. M. Bousquet monte le bure d'Adélaïde à Amé ; dans la voie de fond d'Amé, en haut du bure, il trouve 5 hommes asphyxiés qui vivaient encore. Il peut ranimer l'un d'eux assez pour le faire marcher seul. Il porte les autres au haut du bure, les descend par la cage et les remet en bas à des ouvriers accourus au secours. Puis il explore Eugénie à l'Est, où 2 ouvriers attendaient à front. Ils sont renvoyés à l'accrochage. Le chef porion Douchy s'était entre temps engagé dans la bowette Nord et avait trouvé à 150 mètres les 3 bowetteurs ; 2 avaient cessé de vivre, asphyxiés ; il ne put les ranimer ; le troisième respirait encore, il fut ramené au puits et ranimé. En fait, il n'y avait plus alors personne de vivant à 383 ; tous les ouvriers survivants étaient remontés seuls à 331 par le bure Lefel, ou avaient été retrouvés par les sauveteurs.

MM. Bar, Bousquet, Domézon remontèrent à 331. La cage montée aux molettes avait été dégagée et, à son pre-

mier voyage, avait descendu M. l'ingénieur en chef Léon. Les ouvriers qui attendaient à 331 remontèrent presque tous aussitôt.

On s'aperçut alors que les ravages avaient été beaucoup plus considérables à 331 qu'à 383. Aucun ouvrier de 331 ne se présentait; la bowette Nord était obstruée à quelques mètres du puits par un énorme éboulement de charbon venant de la veine Marie qui, dans cette région, est à quelques mètres au toit de la bowette. La bowette Sud était obstruée par des éboulements moins considérables, mais à peu près continus. Les premières voies de fond, Marie Est, Marie Ouest, Joséphine, étaient dans le même état. Il était impossible, d'ailleurs, de s'y engager loin à cause des gaz délétères.

M. l'ingénieur en chef Léon donna d'abord l'ordre de rétablir les portes d'aérage qui séparaient le puits 11 du puits 4, l'entrée d'air du retour d'air. Puis des équipes furent organisées pour procéder au déblaiement sommaire des voies principales et pour rendre possible le passage sur les éboulements. D'ailleurs, des pointes furent faites dans les quartiers accessibles jusqu'aux endroits où les gaz délétères obligeaient de s'arrêter. Dans Marie Ouest, M. Bousquet revint d'une de ces pointes à peu près inanimé; MM. Lafitte et Dinoire père, ingénieur en chef et inspecteur principal de la Compagnie de Lens, s'avancèrent du même côté, tombèrent l'un et l'autre intoxiqués et furent ramenés à l'accrochage, où ils revinrent à eux. On n'entendait d'ailleurs aucun appel pouvant faire croire à la présence d'ouvriers encore vivants.

Le travail d'avancement fut réglé par postes de six heures, chaque chantier étant commandé par un ingénieur de la Compagnie de Courrières ou par un ingénieur d'une autre Compagnie. Le 11 au soir, à dix heures, les voies suivantes avaient été rétablies sommairement à l'étage de 331.

Bowette Nord : on pouvait juste passer sur l'éboulement de charbon de la veine Marie.

Bowette Sud : on pouvait s'avancer jusqu'à la voie de fond de Joséphine, à 300 mètres du puits.

Marie Ouest : la voie de fond était accessible jusqu'à 50 mètres environ de la bowette.

Marie Est et le recoupage sur Joséphine étaient réparés sommairement jusqu'à 200 mètres de la bowette.

Pendant la première journée, 25 ouvriers des travaux de 331 sortirent encore vivants; 23 d'entre eux arrivèrent ensemble à l'accrochage à quatre heures et demie de l'après-midi le 10. C'étaient des ouvriers d'Amé, Eugénie et Marie deuxième branche à l'extrémité de la bowette Nord 331. Le porion Grandamme les avait trouvés errant par groupes devant l'invasion des gaz délétères et les avait rassemblés dans la voie de fond de Marie deuxième branche : ils étaient 34 alors. Ils attendirent quatre à cinq heures sans pouvoir s'engager dans la bowette, qui était toujours pleine de fumées. Celles-ci s'avançaient d'ailleurs petit à petit vers leur refuge; ils durent monter dans le retour de Marie, passèrent dans celui d'Amé, redescendirent à la voie de fond de cette veine et purent enfin par là pénétrer dans la bowette 331, ayant contourné le bouchon de gaz délétères qui se déplaçait vers son extrémité. La bowette était obstruée près du puits par l'éboulement de charbon de Marie. Les survivants durent donc descendre à 383 par le bure situé à 130 mètres au Nord du puits et gagnèrent l'accrochage de 383. Sur ce parcours, l'air était par endroits encore mauvais : 11 d'entre eux, dont le porion Grandamme, tombèrent en route sans que leurs camarades pussent les ranimer; un de ces 11 cependant, Berthon Auguste, revint à lui plus tard et sortit vivant le 4 avril.

Les deux autres ouvriers vivants sortis le 10 mars, Delplanque Achille et Broy Auguste, venaient de Sainte-

Barbe Sud-Ouest, à l'extrémité du recoupage de Joséphine. Les 8 ouvriers qui travaillaient de ce côté (2 dans Cécile, 2 au recoupage, 4 dans Sainte-Barbe) s'étaient réfugiés dans le cul-de-sac de Sainte-Barbe. En se retirant, ils bouchèrent avec leurs effets les buses qui aéraient le front du recoupage et celui de Sainte-Barbe. Malgré ces deux bouchons, les mauvais gaz s'avançaient par les fuites des portes ; les 8 ouvriers se décidèrent vers huit heures du soir à tenter de passer au travers ; 6 d'entre eux tombèrent en route asphyxiés ou intoxiqués, les 2 autres réussirent à gagner l'accrochage en passant sur les éboulements des treuils et de la voie de fond de Joséphine Sud-Ouest. Ils arrivèrent à l'accrochage à onze heures et demie du soir, le 10 mars. En les voyant arriver, le porion Sylvestre, dont le fils travaillait dans Sainte-Barbe, quartier d'où ils venaient, s'élança de ce côté pour tâcher de le ramener ; l'ouvrier Delvallée le suivit. Ils ne revinrent ni l'un ni l'autre, et leurs corps furent retrouvés par la suite dans la voie de fond de Sainte-Barbe Sud-Ouest.

Sauf ces 25 vivants, on ne sortit par le n° 4, les 10 et 11 mars, que des cadavres au nombre de 43, rencontrés dans les voies que l'on réparait.

Fosse n° 2. — Au n° 2, il n'y eut pas de dégâts au jour, et l'on ne s'y aperçut de rien sur l'instant. Les volets qui fermaient le puits ne bougèrent pas ; les cages qui étaient en marche n'eurent aucun dommage. L'alarme fut donnée au jour par un surveillant qui se trouvait à l'accrochage de 306, quand il fut renversé par une violente secousse; immédiatement après il vit une fumée noire épaisse sortir du beurtia d'accrochage. Il remonta aussitôt chercher le chef porion qui s'apprêtait à descendre. Après avoir envoyé prévenir l'ingénieur, M. Voisin, ils redescendirent ensemble à 306 ; le beurtia d'accro-

chage était toujours plein de fumées; il en était de même du beurtia Bourlard à 150 mètres du puits dans la bowette Nord. Le chef porion alla voir de ce côté, mais revint à l'accrochage indisposé; il tomba en y arrivant. L'ingénieur, M. Voisin, y arrivait au même moment; il chargea le chef porion dans la cage, y fit monter quelques autres ouvriers qui se trouvaient là, en renvoyant les autres vers le n° 10. La cage, une fois remontée au jour, fut redemandée par la sonnette, à l'étage de 258. M. Voisin redescendit avec le brondisseur Wagon, en donnant l'ordre au mécanicien de ne les descendre sous aucun prétexte au-dessous de cet étage. A 258, il fit monter dans la cage trois ouvriers qui se trouvaient là; le brondisseur sonna « hue »; mais, par suite d'une erreur inexplicable, la cage se mit à descendre jusqu'à 306, plongeant dans les gaz méphitiques les 5 hommes qu'elle renfermait. Tous s'affaissèrent dans la cage, sauf le brondisseur Wagon; les lampes s'éteignirent. Arrivé à 306, Wagon eut la présence d'esprit et le courage de sauter dans l'obscurité sur le plat de l'accrochage, et d'y sonner « hue »; puis, il s'enfuit seul vers le n° 10. La cage remonta; un galibot évanoui qui s'y trouvait laissait pendre au dehors son bras droit, qui fut broyé. M. Voisin eut également un pied brisé.

A partir de ce moment, sept heures et demie environ, le puits n° 2 devint impraticable, les fumées s'y élevant peu à peu. On ne put désormais pénétrer dans les travaux que par le n° 10, situé à 500 mètres au Sud du n° 2 et qui communique directement avec lui par des bowettes de puits à puits.

Les ouvriers survivants du n° 2 et tous les ouvriers du n° 10 remontèrent par le n° 10, à partir de sept heures et demie environ. Ce furent d'abord les ouvriers du quartier du Sud du n° 2, les plus voisins de l'accrochage, qui avaient été bien vite mis au courant et qui sortirent d'eux-

fut terminé le 8 au matin, puis prolongé au Nord et au Sud par un pan de maçonnerie destiné à faire un raccordement bien étanche avec la paroi de la bowette.

Dès la matinée du 7, on avait remarqué de la fumée dans la vieille voie de Cécile, située plus au Nord et remblayée jusqu'à 10 mètres de la bowette, ainsi que dans les écuries du Sud et du Nord. On fit un barrage de une brique et demie d'épaisseur ($0^{m},36$) en B_2, puis un barrage B_3 d'une brique seulement à l'entrée de l'écurie du Sud, enfin un barrage B_4 à l'écurie du Nord.

Comme des gaz d'anciens travaux, ou « puteux », se dégageaient à l'entrée d'une autre voie de Cécile située encore plus au Nord, on y commença, dans la nuit du 8 au 9, un barrage B_5, en maçonnerie. Il fut fermé dès le 9, mais on continua jusqu'au moment de la catastrophe à le raccorder avec la paroi de la bowette.

Pendant ces travaux, les ouvriers furent incommodés, mais sans gravité, par les dégagements des fumées au-dessus des barrages B_1, B_2, B_3 et B_4 et des « puteux » au-dessus du barrage B_5.

On s'efforça, dès la découverte de l'incendie, de forcer l'aérage dans les bowettes de 280 pour en balayer les fumées. A cette fin, d'une part, au Sud, on mit une couverture dans le montage allant de la bowette 280 Sud à l'accrochage de 331 (*fig.* 2), de manière à forcer dans la bowette vers le puits le retour des dressants. D'autre part, au Nord, on établit une porte au Nord du bure des écuries de Sainte-Barbe pour isoler complètement de l'accrochage la voie de Julie, retour vers le n° 2. Les fumées ne pouvaient d'ailleurs gagner de ce côté, car elles auraient dû remonter le courant de $0^{m3},930$ de la bowette Nord.

Du côté du n° 4, de peur d'un entraînement de fumées par Cécile, on fit évacuer les tailles de Cécile plateure 326 Sud-Ouest et du crochon de cette veine. En même temps,

les retours de Cécile au n° 4 étaient barrés à claire-voie, et devenaient l'objet d'une surveillance quotidienne. Il n'y fut constaté ni gaz ni odeur suspects.

On a parlé du renvoi au jour d'un grand nombre d'ouvriers de la fosse n° 3 que l'Ingénieur, M. Barrault, n'aurait pas voulu garder au fond en raison des dangers que leur faisait courir l'incendie. Il n'a pu être recueilli aucun témoignage précis affirmant un fait de cette nature. Le machiniste de nuit et le moulineur de jour ont affirmé, au contraire, qu'aucune remonte anormale de personnel n'avait eu lieu pendant les journées qui précédèrent la catastrophe.

III.

DESCRIPTION DES EFFETS DE LA CATASTROPHE. — RÉCIT DES TENTATIVES DE SAUVETAGE. — REMISE EN ÉTAT DES TRAVAUX.

D'après l'ensemble des témoignages, elle s'est produite entre six heures et demie et six heures trois quarts du matin. Nous allons faire successivement le récit de ce qui s'est passé à chacune des trois fosses.

Fosse n° 3. — Au n° 3, M. Petitjean, ingénieur principal, qui remontait d'une tournée d'inspection aux barrages de 280, se trouvait seulement au pied de l'escalier du moulinage quand le moulineur le rappela en lui criant qu'une cage venait d'être mise aux molettes ; en se retournant à cet appel, M. Petitjean vit une fumée noire sortant déjà de la porte du moulinage. Il ne put y pénétrer de suite, tellement cette fumée était épaisse. Quand elle fut tombée, on put constater que la cage était

sur les taquets ; elle n'avait donc pas sauté bien haut. Une des tôles du moulinage était soulevée. Les sonnettes du fond ne marchaient plus. M. Petitjean avait constaté que le ventilateur aspirait de l'air frais ; le goyot était donc détruit. Le ventilateur fut arrêté, et M. Petitjean fit installer une chute d'eau dans le puits pour rétablir le courant descendant. Puis il tenta avec le porion Clabecq de descendre par les échelles du goyot d'aérage ; l'air y devenait vite mauvais. Bientôt ils trouvèrent des trous dans la cloison. Ils ne purent dépasser la profondeur de 70 mètres, à partir de laquelle les échelles étaient tombées. Force fut de remonter au jour. Le câble de la cage du fond fut coupé et amarré ; l'autre câble reçut un cuffat à la place de sa cage. Pendant ces opérations, grâce à la chute d'eau dans le puits, le courant d'air descendant commençait à se rétablir. Vers neuf heures, il fut possible de descendre dans le cuffat : MM. Petitjean et Fournier, ingénieurs, Clabecq, porion d'abouts (*), et Caucheteux, brondisseur, y prirent place ; à partir de 50 mètres de profondeur, ils se heurtèrent à des débris de planches, de guides, etc... ; ils remontèrent un à un ceux qui paraissaient les plus dangereux. A 100 mètres, les fumées séjournaient toujours ; il fallut attendre. Quand le nuage qu'elles formaient baissa, on put poursuivre la tentative de descente ; l'obstruction devenait de plus en plus serrée ; toute la cloison de séparation du goyot s'était rabattue dans le compartiment des cages. De plus, les moises diamétrales qui portent les guides s'étaient rompues à l'une de leurs extrémités et pendaient en porte-à-faux avec les guides qu'elles soutenaient encore. MM. Petitjean, Fournier et Clabecq commencèrent la remonte, un à un, des matériaux qui encombraient le puits. A dix heures et quart

(*) Le porion d'abouts et, sous ses ordres, le brondisseur sont chargés de la surveillance et de l'entretien des puits (cuvelage, guidage, etc.).

du matin, M. l'ingénieur en chef des mines Léon, en prenant la direction du sauvetage, donna l'ordre à M. Petitjean de continuer ce travail ; c'est ce qui fut fait pendant toute la journée du 10 ; on put parvenir à 160 mètres environ. Vers dix heures du soir, le même jour, M. l'ingénieur des mines Leprince-Ringuet, descendu dans le tonneau, se rendit compte du danger excessif du travail tel qu'il avait été fait : on s'était avancé en se débarrassant seulement des pièces de bois qui empêchaient la descente du tonneau, sans consolider celles qui tenaient encore, mais que le battement du câble pouvait faire tomber d'un instant à l'autre sur les sauveteurs. Vers deux heures de l'après-midi, puis vers sept heures, ceux-ci avaient cru entendre un appel venant du fond, et c'est ce qui leur avait fait précipiter leur travail. M. Leprince-Ringuet donna l'ordre de ne pas descendre plus bas avant d'avoir consolidé, même d'une façon sommaire, les pièces branlantes du guidage. Puis il s'occupa de préparer la chute de poids dans le puits pour faire un trou à travers les matériaux obstruants. Mais ce projet fut abandonné, car il devenait sans objet immédiat, quand on apprit un peu plus tard que l'accès des accrochages du n° 3 était possible en venant du puits n° 10.

Le travail de consolidation, puis d'avancement dans le puits n° 3 n'en continua pas moins toute la nuit et toute la journée du 11. Le 11 au soir, à dix heures, quand il fut arrêté, on était parvenu à 170 ou 180 mètres.

Fosse n° 4-11. — Au puits n° 11, le mécanicien et le moulineur virent sortir du puits un nuage de poussières noires ; le moulineur, qui se trouvait tout près du puits, tomba à la renverse, sans se faire de mal. La cage du jour était en train d'être soulevée au-dessus des taquets pour redescendre ensuite ; elle fut envoyée aux molettes, beaucoup plus, probablement, par suite de l'émotion du mé-

canicien que sous l'effet d'une poussée suffisamment violente venue du puits. Elle retomba sur les taquets de sûreté. Le chef porion Douchy, en train de s'habiller pour descendre, dans un bâtiment situé à 100 mètres du moulinage, entendit un bruit « semblable à celui que fait la rupture d'une conduite à vapeur » ; se précipitant hors des lavabos, il vit une colonne de fumée qui s'élevait au-dessus du puits 11. Au puits n° 4 de retour d'air, 4 ouvriers travaillaient à changer quelques pièces du cuvelage et étaient installés sur un plancher provisoire un peu en contre-bas de la galerie du ventilateur. Ils entendirent comme un coup de canon ; puis arriva une violente chasse d'air. L'un d'eux, Douai, fut projeté dans la galerie du ventilateur ; deux autres purent saisir les échelles ; quant à Douai, qui, sans feu et étourdi, ne pouvait trouver son chemin, il fut sorti par le surveillant Ruban qui vint le chercher. Le quatrième ouvrier était tombé sur des planches inférieures auxquelles il resta accroché par une jambe sans donner signe de vie. L'accès de la galerie du ventilateur et du puits fut rendu presque aussitôt impossible par l'arrivée des gaz irrespirables. Ce n'est qu'à onze heures du soir que l'on put aller chercher le corps.

M. Bousquet, ingénieur de la fosse, prévenu aussitôt, fit d'abord refermer le puits n° 4 avec un plancher et de l'argile, puis dégager la cage du n° 11. En attendant que ce travail fût terminé, l'air étant redevenu respirable dans le puits, MM. Bar, ingénieur en chef de la Compagnie, Domézon, ingénieur divisionnaire, Bousquet, Douchy, chef porion, Dacheville, délégué mineur, etc., deseendirent par les échelles. Au moment où ils s'y engageaient, 3 ouvriers en sortaient ; ils travaillaient dans Amé 383 et étaient remontés par le bure Lefel à 331, où ils avaient pris les échelles. Ils déclarèrent que l'accrochage de 383 était en feu. Les ingénieurs et ceux qui les accompagnaient

passèrent par les échelles devant l'accrochage 331. Il est difficile à cet étage, dont l'accrochage n'existe que d'un côté du puits, de prendre les échelles qui sont du côté opposé ; aussi un grand nombre d'ouvriers attendaient la cage à cet accrochage ; comme les trois hommes déjà sortis, tous travaillaient à 383 et étaient remontés à 331 par le bure Lefel. Les ingénieurs leur crièrent en passant d'attendre la cage qui allait descendre, et continuèrent leur route jusqu'à 383. Ils trouvèrent les hommes de l'accrochage brûlés et morts, sauf un galibot qui vivait encore, près de la bowette tournante du Sud, mais qui avait eu un bras arraché.

Dans la bowette Sud, l'aérage normal s'était rétabli. MM. Bousquet, Douchy et Dacheville s'y engagent, ils trouvent à l'entrée d'Adélaïde 20 ouvriers avec le porion Dumont, qui attendaient : le mauvais air les avait empêchés jusque-là de pénétrer dans la bowette. On les renvoie à l'accrochage. M. Bousquet monte le bure d'Adélaïde à Amé ; dans la voie de fond d'Amé, en haut du bure, il trouve 5 hommes asphyxiés qui vivaient encore. Il peut ranimer l'un d'eux assez pour le faire marcher seul. Il porte les autres au haut du bure, les descend par la cage et les remet en bas à des ouvriers accourus au secours. Puis il explore Eugénie à l'Est, où 2 ouvriers attendaient à front. Ils sont renvoyés à l'accrochage. Le chef porion Douchy s'était entre temps engagé dans la bowette Nord et avait trouvé à 150 mètres les 3 bowetteurs ; 2 avaient cessé de vivre, asphyxiés ; il ne put les ranimer ; le troisième respirait encore, il fut ramené au puits et ranimé. En fait, il n'y avait plus alors personne de vivant à 383 ; tous les ouvriers survivants étaient remontés seuls à 331 par le bure Lefel, ou avaient été retrouvés par les sauveteurs.

MM. Bar, Bousquet, Domézon remontèrent à 331. La cage montée aux molettes avait été dégagée et, à son pre-

mier voyage, avait descendu M. l'ingénieur en chef Léon. Les ouvriers qui attendaient à 331 remontèrent presque tous aussitôt.

On s'aperçut alors que les ravages avaient été beaucoup plus considérables à 331 qu'à 383. Aucun ouvrier de 331 ne se présentait; la bowette Nord était obstruée à quelques mètres du puits par un énorme éboulement de charbon venant de la veine Marie qui, dans cette région, est à quelques mètres au toit de la bowette. La bowette Sud était obstruée par des éboulements moins considérables, mais à peu près continus. Les premières voies de fond, Marie Est, Marie Ouest, Joséphine, étaient dans le même état. Il était impossible, d'ailleurs, de s'y engager loin à cause des gaz délétères.

M. l'ingénieur en chef Léon donna d'abord l'ordre de rétablir les portes d'aérage qui séparaient le puits 11 du puits 4, l'entrée d'air du retour d'air. Puis des équipes furent organisées pour procéder au déblaiement sommaire des voies principales et pour rendre possible le passage sur les éboulements. D'ailleurs, des pointes furent faites dans les quartiers accessibles jusqu'aux endroits où les gaz délétères obligeaient de s'arrêter. Dans Marie Ouest, M. Bousquet revint d'une de ces pointes à peu près inanimé; MM. Lafitte et Dinoire père, ingénieur en chef et inspecteur principal de la Compagnie de Lens, s'avancèrent du même côté, tombèrent l'un et l'autre intoxiqués et furent ramenés à l'accrochage, où ils revinrent à eux. On n'entendait d'ailleurs aucun appel pouvant faire croire à la présence d'ouvriers encore vivants.

Le travail d'avancement fut réglé par postes de six heures, chaque chantier étant commandé par un ingénieur de la Compagnie de Courrières ou par un ingénieur d'une autre Compagnie. Le 11 au soir, à dix heures, les voies suivantes avaient été rétablies sommairement à l'étage de 331.

Bowette Nord : on pouvait juste passer sur l'éboulement de charbon de la veine Marie.

Bowette Sud : on pouvait s'avancer jusqu'à la voie de fond de Joséphine, à 300 mètres du puits.

Marie Ouest : la voie de fond était accessible jusqu'à 50 mètres environ de la bowette.

Marie Est et le recoupage sur Joséphine étaient réparés sommairement jusqu'à 200 mètres de la bowette.

Pendant la première journée, 25 ouvriers des travaux de 331 sortirent encore vivants; 23 d'entre eux arrivèrent ensemble à l'accrochage à quatre heures et demie de l'après-midi le 10. C'étaient des ouvriers d'Amé, Eugénie et Marie deuxième branche à l'extrémité de la bowette Nord 331. Le porion Grandamme les avait trouvés errant par groupes devant l'invasion des gaz délétères et les avait rassemblés dans la voie de fond de Marie deuxième branche : ils étaient 34 alors. Ils attendirent quatre à cinq heures sans pouvoir s'engager dans la bowette, qui était toujours pleine de fumées. Celles-ci s'avançaient d'ailleurs petit à petit vers leur refuge; ils durent monter dans le retour de Marie, passèrent dans celui d'Amé, redescendirent à la voie de fond de cette veine et purent enfin par là pénétrer dans la bowette 331, ayant contourné le bouchon de gaz délétères qui se déplaçait vers son extrémité. La bowette était obstruée près du puits par l'éboulement de charbon de Marie. Les survivants durent donc descendre à 383 par le bure situé à 130 mètres au Nord du puits et gagnèrent l'accrochage de 383. Sur ce parcours, l'air était par endroits encore mauvais : 11 d'entre eux, dont le porion Grandamme, tombèrent en route sans que leurs camarades pussent les ranimer ; un de ces 11 cependant, Berthon Auguste, revint à lui plus tard et sortit vivant le 4 avril.

Les deux autres ouvriers vivants sortis le 10 mars, Delplanque Achille et Broy Auguste, venaient de Sainte-

Barbe Sud-Ouest, à l'extrémité du recoupage de Joséphine. Les 8 ouvriers qui travaillaient de ce côté (2 dans Cécile, 2 au recoupage, 4 dans Sainte-Barbe) s'étaient réfugiés dans le cul-de-sac de Sainte-Barbe. En se retirant, ils bouchèrent avec leurs effets les buses qui aéraient le front du recoupage et celui de Sainte-Barbe. Malgré ces deux bouchons, les mauvais gaz s'avançaient par les fuites des portes ; les 8 ouvriers se décidèrent vers huit heures du soir à tenter de passer au travers ; 6 d'entre eux tombèrent en route asphyxiés ou intoxiqués, les 2 autres réussirent à gagner l'accrochage en passant sur les éboulements des treuils et de la voie de fond de Joséphine Sud-Ouest. Ils arrivèrent à l'accrochage à onze heures et demie du soir, le 10 mars. En les voyant arriver, le porion Sylvestre, dont le fils travaillait dans Sainte-Barbe, quartier d'où ils venaient, s'élança de ce côté pour tâcher de le ramener ; l'ouvrier Delvallée le suivit. Ils ne revinrent ni l'un ni l'autre, et leurs corps furent retrouvés par la suite dans la voie de fond de Sainte-Barbe Sud-Ouest.

Sauf ces 25 vivants, on ne sortit par le n° 4, les 10 et 11 mars, que des cadavres au nombre de 43, rencontrés dans les voies que l'on réparait.

Fosse n° 2. — Au n° 2, il n'y eut pas de dégâts au jour, et l'on ne s'y aperçut de rien sur l'instant. Les volets qui fermaient le puits ne bougèrent pas ; les cages qui étaient en marche n'eurent aucun dommage. L'alarme fut donnée au jour par un surveillant qui se trouvait à l'accrochage de 306, quand il fut renversé par une violente secousse ; immédiatement après il vit une fumée noire épaisse sortir du beurtia d'accrochage. Il remonta aussitôt chercher le chef porion qui s'apprêtait à descendre. Après avoir envoyé prévenir l'ingénieur, M. Voisin, ils redescendirent ensemble à 306 ; le beurtia d'accro-

chage était toujours plein de fumées; il en était de même du beurtia Bourlard à 150 mètres du puits dans la bowette Nord. Le chef porion alla voir de ce côté, mais revint à l'accrochage indisposé; il tomba en y arrivant. L'ingénieur, M. Voisin, y arrivait au même moment ; il chargea le chef porion dans la cage, y fit monter quelques autres ouvriers qui se trouvaient là, en renvoyant les autres vers le n° 10. La cage, une fois remontée au jour, fut redemandée par la sonnette, à l'étage de 258. M. Voisin redescendit avec le brondisseur Wagon, en donnant l'ordre au mécanicien de ne les descendre sous aucun prétexte au-dessous de cet étage. A 258, il fit monter dans la cage trois ouvriers qui se trouvaient là; le brondisseur sonna « hue »; mais, par suite d'une erreur inexplicable, la cage se mit à descendre jusqu'à 306, plongeant dans les gaz méphitiques les 5 hommes qu'elle renfermait. Tous s'affaissèrent dans la cage, sauf le brondisseur Wagon; les lampes s'éteignirent. Arrivé à 306, Wagon eut la présence d'esprit et le courage de sauter dans l'obscurité sur le plat de l'accrochage, et d'y sonner « hue »; puis, il s'enfuit seul vers le n° 10. La cage remonta; un galibot évanoui qui s'y trouvait laissait pendre au dehors son bras droit, qui fut broyé. M. Voisin eut également un pied brisé.

A partir de ce moment, sept heures et demie environ, le puits n° 2 devint impraticable, les fumées s'y élevant peu à peu. On ne put désormais pénétrer dans les travaux que par le n° 10, situé à 500 mètres au Sud du n° 2 et qui communique directement avec lui par des bowettes de puits à puits.

Les ouvriers survivants du n° 2 et tous les ouvriers du n° 10 remontèrent par le n° 10, à partir de sept heures et demie environ. Ce furent d'abord les ouvriers du quartier du Sud du n° 2, les plus voisins de l'accrochage, qui avaient été bien vite mis au courant et qui sortirent d'eux-

mêmes ; puis les ouvriers des quartiers plus éloignés du n° 2 et ceux du n° 10, que le chef porion, puis l'ingénieur de la fosse, M. Pegheaire, envoyèrent chercher à leur travail.

Il devint rapidement évident que l'explosion s'était fait sentir dans les trois communications avec le n° 3, Joséphine 340, Sainte-Barbe par le bure Bourlard et Julie 306, et dans ces trois quartiers seulement.

Quatre ouvriers qui se trouvaient près de l'accrochage 340 du n° 3, au pied du bure d'accrochage 306-340, purent s'enfuir. Ils avaient été renversés par un nuage de poussières aveuglantes et brûlantes, mais ils réussirent à se relever et à gagner la bowette Sud. Quelques instants après, ils tentèrent de revenir chercher deux de leurs camarades restés en arrière, mais ils ne purent arriver jusqu'au beurtia, et l'accrochage fut barré. L'accès de Joséphine 340 était donc impossible ; aucun ouvrier de ce quartier n'avait pu s'en échapper.

Vers huit heures remontèrent 11 ouvriers venant de Sainte-Barbe par le beurtia Bourlard au Nord du n° 2 ; c'étaient les seuls survivants de ce quartier, d'où ils avaient pu fuir avant son envahissement par les gaz délétères. Il fut impossible de redescendre par le beurtia Bourlard, que les mauvais gaz emplirent à nouveau après le passage de ces 11 survivants.

Puis sortirent les ouvriers de la veine Julie à 306 dans la communication avec le n° 3 ; l'éveil leur avait été donné par des ouvriers du n° 3 venant du quartier de Sainte-Barbe Nord-Est, qui passèrent en courant, se sauvant vers le n° 2. La plupart des ouvriers de Julie n'en restèrent pas moins à travailler. Le porion de ce quartier alla alors, vers sept heures, se renseigner au n° 2, puis revint pour faire évacuer tous les chantiers. Il était huit heures et demie, les fumées envahissaient déjà les tailles les plus voisines du n° 3. Le porion tomba, ainsi que plusieurs ou-

vriers; ils furent ramenés au n° 10 dans des berlines par leurs compagnons restés indemnes.

Donc, à partir de ce moment, à huit heures et demie, les trois communications du n° 2 avec le n° 3 étaient impraticables. A neuf heures, M. Tarrade, ingénieur divisionnaire, M. Pegheaire, ingénieur du n° 10, accompagnés du porion contrôleur Delplanque et des porions Ferré et Sergeant, firent une tentative par Julie 306; mais M. Pegheaire tomba intoxiqué dans la voie de fond de Julie, ainsi que Delplanque et Sergeant. M. Tarrade, indisposé lui-même, alla chercher du secours. Il rencontra M. Storet, chef géomètre, qui venait lui aussi avec une équipe faire une tentative de ce côté et qui réussit à pénétrer dans les gaz méphitiques et à ramener MM. Pegheaire, Delplanque et Sergeant. Il fut assez heureux pour les ranimer au bout d'un quart d'heure d'efforts.

Nous arrivâmes sur le carreau du n° 10 vers onze heures et demie et descendîmes avec M. René Leprince-Ringuet, ingénieur à la Compagnie de Courrières, pour faire une nouvelle tentative par Julie. L'air s'y était beaucoup amélioré. En montant dans le treuil à chaise, nous y rencontrâmes cinq ouvriers qui n'étaient pas remontés depuis le matin, guettant l'amélioration de l'aérage dans Julie pour s'y engager de nouveau. Ils avaient déjà trouvé deux vivants dans une des voies du treuil. Nous continuâmes tous l'exploration des voies et des tailles, où furent trouvés une vingtaine d'ouvriers à demi asphyxiés: ouvriers de Julie restés trop tard à leur travail ou bien ouvriers du n° 3 (Sainte-Barbe Nord-Est) tombés en s'enfuyant vers le n° 2. Tous furent roulés jusqu'au n° 10 et remontés; mais cinq d'entre eux moururent au jour.

Entre temps M. Storet, qui avait été battre les travaux du Sud du n° 2, avait ramené quatre ouvriers, dont deux avaient été trouvés dans Eugénie 340 et deux autres dans la bowette de 340. Ces deux derniers, Duchemin et

Mohler, travaillaient à faire du rauchage dans la bowette 375, à 100 mètres de l'accrochage et à 50 mètres du front; ils entendirent l'explosion et virent s'avancer vers eux un nuage de fumées. Ils ouvrirent en grand le tuyau d'air comprimé et purent ainsi se maintenir au front en bon air. Les mauvais gaz furent refoulés peu à peu; à midi et demi, les deux hommes purent remonter par les échelles à 340, et furent ensuite recueillis par M. Storet.

Vers sept heures du soir, le délégué mineur du n° 3, Simon, dit Ricq, descendit à la fosse n° 10; il manifesta son idée d'aller jusqu'au 3 par Julie au porion contrôleur Pelabon, du n° 3, qui s'offrit pour le guider; avec eux partirent le surveillant Manouvrier et l'ouvrier mineur Bouvier. Ils arrivèrent sans encombre à la bowette 280 Nord, où ils commencèrent à rencontrer des cadavres, puis à l'accrochage. Ils crièrent dans le puits, on leur répondit d'en dessous. Descendus à 303 par le bure des écuries de Sainte-Barbe au Nord, ils trouvèrent à l'accrochage treize hommes qui attendaient : deux d'entre eux venaient de Sainte-Barbe dressant Sud-Ouest, cinq autres de Sainte-Barbe plateure Sud-Est, et les six derniers de Mathilde au Nord. Ils furent ramenés à 280 jusqu'au n° 10; en revenant au n° 10, l'équipe passa par Mathilde au lieu de Julie, et rencontra encore quatre vivants, un près du beurtia de Mathilde à Julie et trois dans Mathilde, qui venaient tous les quatre de Sainte-Barbe Nord-Est. A neuf heures et demie, tous étaient remontés au jour au n° 10.

Le même soir, il avait été constaté qu'on ne pouvait toujours pénétrer dans Joséphine 340 ni dans Sainte-Barbe.

Le dimanche 11, M. l'ingénieur en chef Léon décida de renvoyer une équipe explorer les abords du puits n° 3; elle fut mise sous le commandement de M. Leprince-Ringuet, assisté de M. le contrôleur des mines Fenzy; le

délégué Simon et le porion contrôleur Pelabon les accompagnaient.

Arrivés au puits n° 3, ils constatèrent que l'accès de la bowette Sud 280 était interdit comme la veille par des fumées qui stationnaient devant les barrages ; ils descendirent à 303 et s'avancèrent au Nord jusqu'aux éboulements qui barraient l'entrée de la voie de fond de Joséphine ; puis M. Leprince-Ringuet descendit seul à 326 par les échelles branlantes du bure d'accrochage. Au bout de quelque temps, il fut rejoint par ses compagnons. La bowette Nord fut explorée jusqu'à l'éboulement d'Amé, la bowette Sud jusqu'à l'entrée de Joséphine. Le mauvais air empêcha d'aller plus loin. Les appels sur les tuyaux et à la voix restèrent sans réponse. L'équipe remonta à deux heures.

Le même jour, on put pénétrer de quelques dizaines de mètres dans la voie de fond de Joséphine 340, et aborder le beurtia Bourlard sans y descendre encore cependant.

Nous avons raconté sommairement les tentatives de sauvetage pendant les deux premiers jours, le 10 et le 11, jusqu'au renversement d'aérage, qui fut décidé dans la soirée du 11 et réalisé dans la nuit du 11 au 12 à une heure du matin. Cette décision et toutes les opérations du sauvetage qui suivirent jusqu'à la sortie des quatorze « rescapés », le 30 mars et le 4 avril, ont fait l'objet d'une enquête et d'un rapport spécial. Nous renvoyons à ce rapport (*) pour le détail et la discussion des mesures prises pour le sauvetage, et nous rappellerons seulement d'une manière sommaire les phases successives du sauvetage et de la rentrée dans les travaux sinistrés.

Dans la nuit du 11 au 12 mars, le puits n° 3 fut fermé,

(*) Annexe A.

et son ventilateur remis en marche. Les ventilateurs du n° 2 et du n° 4 furent arrêtés et ces puits furent ouverts. Il y avait donc quatre entrées d'air, les n°s 2, 10, 4 et 11, et une sortie au centre, le n° 3. On espérait créer des courants d'air frais entrant aux deux extrémités des travaux sinistrés, par les n°s 2-10 et 4-11, et permettant aux sauveteurs de s'avancer avec l'air frais dans le dos, en chassant devant eux les gaz méphitiques, au lieu de recevoir ceux-ci en face, comme précédemment. Mais le 12, à midi, on constata qu'il ne s'était pas encore établi de courant descendant régulier au n° 2. En conséquence, les puits n°s 10, 11 et 4 furent fermés et le ventilateur du n° 4 remis en marche ; il ne restait donc plus comme entrée pour l'air et pour les sauveteurs que le puits n° 2 sur lequel tiraient les puits n°s 3 et 4.

A six heures du soir, le 12, le courant descendant étant bien établi au n° 2, on put y descendre et pénétrer dans les travaux de Joséphine 340. L'équipe de sauveteurs westphaliens, arrivée dans l'après-midi, prit part à cette première descente sous la haute direction de M. le Bergmeister Engel. L'avant-garde de cette exploration était formée par un ingénieur français sans appareil, accompagné de deux sauveteurs westphaliens armés d'appareils Shamrock et prêts à lui porter secours en cas d'indisposition. Ce cas ne se présenta pas ; mais la présence des sauveteurs n'en constitua pas moins un secours moral très sérieux.

Il fut possible, dès ce premier soir, de s'avancer jusqu'en haut du quartier, au voisinage des dépilages ; on y remarqua des fumées blanches. Les deux jours suivants, 13 et 14, on continua l'exploration de ce quartier et celle de Sainte-Barbe. La plus grande partie des cadavres qui s'y trouvaient furent remontés ; grâce à leur appareil respiratoire, les Westphaliens purent rendre de grands services dans la manipulation des cadavres, dont l'abord

était déjà fort pénible. Le 15 au matin, on découvrit un feu en haut du quartier, près de la faille Connétable.

A partir de ce moment la marche en avant fut arrêtée, et les efforts durent se concentrer à la lutte contre le feu, entreprise d'abord au moyen de barrages, puis à la lance. L'arrosage commença le 20 mars ; il continua jusqu'au 20 juin, date à laquelle le feu put être considéré comme définitivement éteint. L'attaque du feu fut faite au début avec l'aide des sauveteurs westphaliens et des pompiers parisiens, ceux-ci sous les ordres de M. le capitaine de Salle de Hys, qui alternaient par postes à la surveillance et à la mise en place des lances d'arrosage. Après le départ des Westphaliens, à la fin de mars, ils furent remplacés par des mineurs de Courrières formés à l'emploi de leurs appareils.

Au plus fort de la lutte contre le feu, sortirent, le 30 mars, à huit heures du matin, les treize « rescapés » du n° 3. Immédiatement une exploration complète du n° 3 fut commencée. Elle prit quatre jours, du 30 mars au 2 avril inclus. Il fut possible de pénétrer dans presque tous les quartiers, mais non de s'avancer partout à front à cause des gaz méphitiques qui y séjournaient.

Le puit n° 4 ne put être rouvert que le 2 avril, car la machine avait été démontée pour réparation. L'exploration commença dans la nuit du 2 au 3 et se continua le 3 avril. Le 4 au matin, un quatorzième « rescapé », Berthon, sortit à son tour par les travaux de 331. Les recherches dans les quartiers non encore explorés furent poursuivies sans donner de résultat. Le quartier de Joséphine 299 Nord-Est, dont l'accès était bouché par des éboulements serrants et qui était rempli de gaz méphitiques, ne put être abordé que le 15 avril. On en tenta l'exploration complète le 18 au moyen d'une équipe munie d'appareils respiratoires. Un des hommes de cette équipe, muni de l'appareil Draeger, mourut au cours de

cette exploration ; on retrouva son casque à côté de lui, et l'on supposa que, congestionné et essoufflé par une marche assez pénible sur les éboulements, il avait retiré son casque et était tombé asphyxié. Les pompiers parisiens, coiffés de leur casque respiratoire, réussirent à arriver jusqu'à lui et à ramener son corps.

Remise en état des travaux. — La direction des travaux de sauvetage, qui, depuis le 10 mars, avait été assumée par les ingénieurs du Corps des Mines, en conformité de l'article 14 du décret du 3 janvier 1813, fut remise par eux à la Compagnie de Courrières le 7 avril, après autorisation ministérielle. A partir de cette date, les travaux consistèrent en une remise en état définitive des exploitations et en la remonte des cadavres des victimes.

Les quartiers sinistrés de la fosse n° 2 ont été très rapidement remis en état; seul le feu de Joséphine y a nécessité de très grands efforts jusqu'au 20 juin. L'exploitation n'a cependant pu être reprise avant le commencement de 1907, en raison de l'insuffisance d'aérage, tant que le n° 3 a tiré sur le n° 2. Après le renversement qui fut effectué les derniers jours de décembre 1906 et qui rétablit l'aérage des sièges des n°ˢ 2 et 10 comme il était avant la catastrophe, mais avec de nombreuses améliorations, le travail fut repris au n° 2, à l'exception toutefois du quartier de Joséphine 340, en raison d'un feu voisin qui couvait dans la même veine au n° 3 et dont il sera parlé plus loin.

Au n° 3, on aborda les travaux sinistrés à la fois par le n° 2 et par le n° 4 ; mais la marche en avant fut longtemps retardée et toujours rendue délicate par les deux incendies de Joséphine : l'un, celui du n° 2, dont nous avons déjà dit qu'il ne fut éteint que le 20 juin ; l'autre, celui du n° 3, à la limite du territoire du n° 2, qui fut découvert le 16 mai 1906. Enfermé aussitôt derrière des

barrages étanches, car le personnel de surveillance et de direction ne pouvait suffire pour lutter contre deux feux à la fois, il fut attaqué depuis à deux reprises, mais sans succès, en raison des retours des gaz asphyxiants ou toxiques, et chaque fois l'on fut contraint de refermer les barrages, qui l'ont rendu d'ailleurs maintenant tout à fait inoffensif.

Les deux phases les plus intéressantes des travaux du n° 3 furent : d'abord la rentrée dans le feu de Cécile au mois d'août, la constatation de son extinction naturelle et du peu d'importance qu'il avait eue, constatations dont nous rendrons compte en détail plus loin ; puis le déblaiement du puits n° 3 en janvier 1907, après que le renversement d'aérage eut rétabli le puits comme entrée d'air.

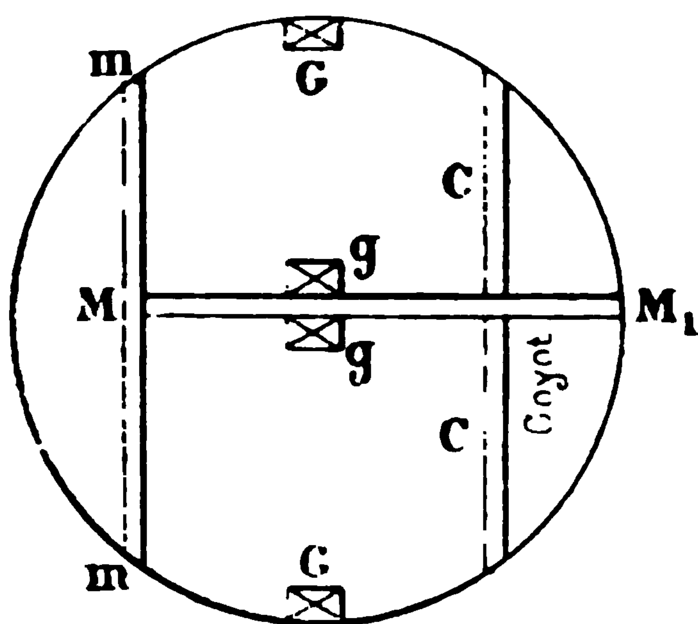


Fig. 5. — Section du puits n° 3.

Le déblaiement et la réparation du n° 3 furent entrepris le 7 janvier. Il fut constaté que les dégâts causés à la cloison du goyot commençaient à 50 mètres de profondeur (*fig.* 5). La cloison C était généralement enfoncée vers le goyot, avec des panneaux entiers emportés.

Des débris de cette cloison étaient restés accrochés sur les moises et avaient été consolidés par des chaines dès le 11 mars 1906. A partir de 170 mètres de profon-

deur, les dégâts devenaient beaucoup plus considérables : les moises MM_1, qui portaient les guides *g*, *g* et qui étaient simplement calées à leur extrémité M contre les moises *mm*, avaient sauté de cette position et n'étaient plus retenues que par leurs extrémités M_1 encastrées dans la maçonnerie. Les guides *g*, *g* se trouvaient donc en porte-à-faux, les guides G, G restant, au contraire, intacts.

Les moises MM_1, *mm*, durent être enlevées et remplacées, ainsi que les guides *g*, *g*. Ce travail se fit au moyen d'une cage manœuvrée par la machine d'extraction et d'un cuffat manœuvré par un treuil d'avaleresse spécialement installé à cet effet. Commencé le 7 janvier, le déblaiement était arrivé, le 21, à 170 mètres de profondeur ; 134 mètres cubes de bois avaient été remontés.

Un plancher serrant, déjà reconnu à cette profondeur le 10 mars, fut donc rencontré de nouveau le 21 janvier. On ne put l'enlever de suite, car les stalactites de glace suspendues dans le puits empêchaient de continuer le travail. Il fut repris le 28 janvier. Au bout de quinze jours, le 31 au soir, on avait passé 7 mètres de hauteur, en enlevant 45 mètres cubes de débris de bois et seize échelles de fer de 10 mètres, quand la partie inférieure du bouchon s'effondra dans le puits.

Le travail de déblaiement fut poursuivi plus bas ; la plupart des moises et des pièces du guidage durent être changées. Le 10 février, on rencontra à 206 mètres un deuxième plancher, constitué en partie par les débris du premier. On le passa en trois jours après en avoir retiré 48 mètres cubes de débris de bois, douze échelles de fer, un tuyau de fer de 5 mètres et deux poutrelles provenant du goyot. Enfin, le 18 février, le déblaiement fut poussé jusqu'à l'accrochage de 326 ; cette dernière partie du puits avait peu souffert.

Il fallut donc trente-cinq jours, déduction faite des jours d'arrêt, pour remettre en état le puits n° 3. Il est à noter que la deuxième machine installée pour procéder à ce déblaiement l'a grandement accéléré, et que la durée du travail aurait plus que doublé si l'on n'avait disposé que de la machine d'extraction comme au jour de la catastrophe. A la fin de février 1907, le n° 3 était donc remis en état, à l'exception du quartier de Joséphine 326 Nord-Est, où un feu s'éteint lentement derrière des barrages. L'exploitation de ce siège ne doit pas être reprise avant qu'il ne soit doublé par un nouveau puits, le n° 15, dont le fonçage était déjà commencé au moment de la catastrophe et est maintenant très avancé. Il sera possible, avec le nouveau puits, de réaliser au n° 3 un aérage par courants indépendants et de débits satisfaisants.

Les travaux du n° 4 ont été rétablis en peu de mois ; à la fin de juillet, ils étaient en état et l'exploitation put être reprise le 5 août, après que la fosse eut été isolée du n° 3 par deux groupes de deux portes de fer ouvrant en sens inverse, sur chacune des communications. L'exploitation fut limitée aux quartiers où l'aérage pouvait être assuré dans des conditions satisfaisantes ; elle fut d'abord restreinte, puis s'étendit peu à peu au fur et à mesure des travaux d'aménagement du courant d'air.

La reprise de l'exploitation, tant au n° 2 qu'au n° 4, est d'ailleurs forcément retardée par le manque de main-d'œuvre. Les victimes de la catastrophe et les ouvriers qui quittèrent depuis la Compagnie de Courrières n'ont pas été faciles à remplacer, en ce temps de disette générale de main-d'œuvre. Les mineurs fort nombreux que la Compagnie de Courrières a embauchés dans le Centre ne sont pas habitués au travail des mines du Nord, et leur rendement est faible. Aussi les fosses sinistrées ne reviennent-elles que lentement à ce qu'elles

étaient avant la catastrophe, comme le montre ce tableau.

	DATE de LA REPRISE de L'EXPLOITATION	DESCENTES AU POSTE DU MATIN			PRODUCTION JOURNALIÈRE EN TONNES		
		10 mars 1906	10 mars 1907	1er sept. 1907	10 mars 1906	10 mars 1907	1er sept. 1907
Fosse n° 2.	1er janvier 1907. (sauf Joséphine 340).	517	241	356	760	242	483
Fosse n° 3.	Après achèvement du n° 15.	482	100	85	920	»	»
			entretien				
Fosse n° 4.	5 août 1906.	665	558	632	1.070	838	1.064

IV

NOMBRE DES VICTIMES ET REMONTE DES CORPS.

Nombre des victimes. — On connut par les registres des marqueurs d'heures le nombre des descentes du 10 au matin. Il y en avait eu par puits :

N° 2	517
N° 3	482
N° 4	665
	1.664

Les remontes ne purent naturellement être comptées ; nombre d'ouvriers remontés vivants partirent aussitôt chez eux, en jetant leur lampe n'importe où. Il fut donc impossible d'évaluer tout de suite exactement le nombre des disparus. Les deux premiers jours, on croyait à 900 ou 1.000 victimes. Une enquête minutieuse révéla 1.099 morts.

Cette enquête fut faite d'abord par l'entremise des maires des communes qui pouvaient être intéressées. Ils firent publier et afficher un avis demandant que soit signalé à la mairie tout ouvrier, travaillant aux fosses

sinistrées de Courrières, qui n'aurait pas reparu depuis le 10 mars.

. Une liste par communes fut ainsi dressée. Elle fut rapprochée des carnets de paye de la Compagnie; puis une enquête eut lieu dans chaque commune par les soins du Comité local de distribution des secours, afin de déterminer exactement l'état civil et la composition de la famille des victimes déclarées. Cette enquête fut reprise par les délégués du Comité central de répartition des secours.

Après ces enquêtes, la liste fut arrêtée au chiffre de 1.099. Les 1.099 victimes se répartissent par communes comme il suit :

Acheville	3	Méricourt	404
Achicourt	1	Montigny-en-Gohelle	9
Athies	2	Neuville-Vitasse	1
Avion	30	Neuvireuil	1
Bailleul-sur-Berthoult	8	Noyelles-sous-Lens	102
Beaurains	1	Oppy	5
Billy-Montigny	114	Rouvroy	9
Bourges	1	Sailly-la-Bourse	1
Farbus	1	Saint-Laurent-Blangy	1
Fouchy	1	Sallaumines	304
Fouquières-lès-Lens	36	Thélus	2
Hénin-Liétard	8	Vimy	13
Izel-lès-Esquerchin	1	Vitry-en-Artois	1
Lens	12	Willerval	3
Loison-sous-Lens	22		

La liste comprend 1.056 Français et 43 Belges.

Classés non plus par communes, mais par fosses, les victimes se répartissent comme l'indique le tableau ci-après, où sont repris les chiffres des descentes du 10 mars.

	Nombre des descentes	Nombre des disparus	P. 100	Nombre des ouvriers sauvés
Fosse n° 2	517	164	32	353
Fosse n° 3	482	429	89	53
Fosse n° 4	665	506	76	159
	1.664	1.099		565

La fosse 2 est celle qui a le moins souffert, car, comme nous l'avons dit, elle ne fut atteinte par les effets de l'explosion que dans 3 quartiers, et, dans l'un d'eux, elle ne le fut que très peu. La fosse 3 a perdu au contraire les 9/10 de son effectif, aucun de ses quartiers ne fut à l'abri des effets directs ou des suites de l'explosion. A la fosse 4, dont les travaux du Sud à l'étage inférieur furent indemnes, 25 p. 100 des ouvriers purent s'échapper. Nous reprendrons plus loin en détail l'examen des circonstances qui ont amené la mort des ouvriers de certains quartiers ou qui ont permis à d'autres d'avoir la vie sauve.

Remonte et reconnaissance des corps des victimes. — La remonte des corps a été commencée dès le 10 mars et continuée le 11 par les puits n°s 2 et 10. Elle continua par le n° 2 à partir du 11 mars, puis fut reprise à la fois par le n° 2 et par le n° 4 à partir du 6 avril. Les reconnaissances des corps par les familles ont donné lieu à un procès-verbal dressé en présence d'un délégué des maires de Sallaumines et de Billy-Montigny.

La plupart des 164 victimes du n° 2 ont pu être remontées dans les premiers jours. Par le n° 10, on sortit les 10 et 11 mars 46 victimes, dont 4 ouvriers encore vivants qui moururent au jour; puis par le n° 2 on en remonta 96, du 12 au 16 inclus, ce qui donnait 142 au total pour la première semaine. Ces corps, peu défigurés, furent presque tous reconnus.

Après le 16 mars, on ne retrouva les corps encore manquant au n° 2 que un à un, au fur et à mesure que la relève des éboulements permettait de les découvrir. Le dernier fut sorti le 28 juillet, portant le total à 162 corps remontés sur 164 disparus. Malgré une visite générale des travaux et du puisard, les deux corps manquants n'ont pu être retrouvés. Ils devaient se trouver dans le foyer de l'incendie de Joséphine et auront été carbonisés.

Au n° 4, on put remonter, les 10 et 11 mars, 43 victimes, dont 3 moururent au jour ; 26 seulement furent reconnues, car les corps du n° 4, brûlés et mutilés, étaient beaucoup plus défigurés que ceux du n° 2. Après la réouverture du puits en avril, la relève des cadavres recommença dès le 6 avril et se poursuivit régulièrement au fur et à mesure de l'avancement des travaux de la remise en état. S'il avait été possible, dès les premiers jours de la réouverture du puits, de visiter tous les quartiers, il n'en fallait pas moins attendre pour enlever les corps d'avoir remis en état les voies d'accès, car elles n'auraient été que très dangereusement praticables pour les porteurs de cercueils; aussi fut-il décidé de ne faire passer les cercueils que dans les voies bien réparées. Le total des corps remontés passa

de 43,	dont	26 reconnus,	au	6 avril,
à 259	—	185	—	1er mai,
à 470	—	360	—	1er juin,
à 498	—	383	—	1er juillet,
à 504	—	386	—	29 juillet.

Il restait donc encore deux corps qu'une recherche générale et méthodique n'a pas permis de retrouver. On peut se demander si les 10 et 11 mars, où des corps horriblement mutilés ont été remontés, le compte exact des victimes a pu être bien établi.

La proportion des corps reconnus a constamment augmenté. Elle était de 57 p. 100 seulement les deux premiers jours ; mais elle passa à 71 p. 100 au 1er mai, à 76 au 1er juin et enfin à 77 p. 100 au 29 juillet.—Cette constatation peut paraitre surprenante; mais il faut considérer, d'une part, que les corps d'ouvriers morts intoxiqués par l'oxyde de carbone se sont conservés très bien, presque sans changement; d'autre part, que les reconnaissances ont été beaucoup plus faciles de la part des familles des victimes à mesure que le nombre des corps à remonter

diminuait; elles se prêtaient mieux à admettre les noms que l'emplacement des corps permettait de mettre en avant.

Au n° 3, la remonte des corps commença plus tardivement et fut plus lente qu'aux deux autres fosses en raison des difficultés d'accès. Avant le 1er avril, 3 corps seulement avaient été remontés. Les étapes de la remonte furent les suivantes :

1er mai...	90 corps remontés, dont	46 reconnus, soit	50 p. 100		
1er juin...	148	—	97	—	67
1er juillet.	319	—	248	—	77
1er août..	408	—	325	—	79
24 août..	420	—	337	—	80

Les 9 corps qui manquent doivent se trouver dans les dépilages voisins du deuxième feu de Joséphine. On retrouvera après son extinction ceux qui n'auront pas été carbonisés. — Comme au n° 4 et pour les mêmes raisons, la proportion des corps reconnus a constamment augmenté.

En résumé, pour l'ensemble des trois fosses sinistrées, les nombres des corps remontés et des corps reconnus ont été de mois en mois les suivants :

	Corps remontés	Corps reconnus
1er avril	194	154
1er mai	502	360
1er juin	773	592
1er juillet	980	770
1er août	1.075	850
24 août	1.080	863

V

DONNÉES SUR LA RAPIDITÉ DES EFFETS DE L'EXPLOSION DÉDUITES DE L'EXAMEN DES EMPLACEMENTS DES CORPS DES VICTIMES. — HISTOIRE DES « RESCAPÉS ».

L'explosion a agi instantanément dans certains quartiers en tuant sur place tous les ouvriers ; d'autres quartiers n'ont eu à souffrir que d'une venue plus ou moins rapide des gaz méphitiques, et les ouvriers ont pu tenter la fuite. — L'examen de la Pl. IV, où ont été indiqués par des points rouges les emplacements des cadavres, permet de discerner à première vue les quartiers où les effets de l'explosion ont été subits et où les cadavres ont été retrouvés disséminés aux places de travail, et ceux où les ouvriers ont été arrêtés dans leur fuite et sont tombés en groupes plus ou moins compacts. — Nous allons analyser cette planche par quartiers, mais en remarquant d'abord que les indications qu'elle donne ne sont qu'approximatives. Il est difficile de fixer exactement, à quelques mètres près, la place que devait occuper tel ou tel ouvrier au moment de la catastrophe. Cela est vrai particulièrement pour les rouleurs et les freinteurs, dont le service n'était pas encore, à l'heure matinale de l'explosion, assez actif pour les obliger à être à leur poste d'une façon continue. — Aussi considérerons-nous comme morts sur place tous les ouvriers dont les corps étaient à moins de 10 mètres de leur place supposée de travail.

Fosse n° 2. — Au n° 2, dans Joséphine 340, les hommes qui se trouvaient dans les voies principales paraissent n'avoir pas pu bouger et avoir été brûlés, sauf dans un rayon de 300 à 400 mètres du puits. Les ouvriers des dépilages du haut du quartier ont généralement pu

faire quelques mètres; ceux des voies en cul-de-sac ont parcouru jusqu'à 50 ou 60 mètres, mais ils n'ont pu déboucher sur les voies principales. En résumé, plus de la moitié du personnel du quartier est mort sur le coup; les autres ouvriers n'ont pu faire qu'un tout petit parcours.

Dans Sainte-Barbe, entre 340 et 306, aucun des 28 ouvriers n'est mort sur le coup, sauf l'emballeur du treuil Bourlard, et aucun d'eux n'a été brûlé; 11 hommes ont pu échapper par 306. Des 17 morts, 6 qui travaillaient le plus à l'Ouest ont pu faire 100 mètres avant d'être rejoints par les fumées qui arrivaient du n° 3 par la communication à 303; les 11 autres, d'après les témoignages des survivants du quartier, sont morts en hésitant sur le chemin à suivre.

Enfin, dans Julie 306, sur un total de 116 ouvriers, 103 ont pu se sauver indemnes, et 13 autres, dont 4 sont morts au jour, ont été rattrapés, dans leur fuite vers le n° 2, par les mauvais gaz venus du n° 3.

En résumé il n'y a donc eu d'effets foudroyants qu'à l'étage inférieur de 340, où nombre d'ouvriers sont morts sur place, brûlés, tandis qu'au sous-étage et à l'étage supérieurs tous ont pu fuir ou essayer de fuir.

Fosse n° 3. — Au n° 3, nous parcourrons successivement les quartiers du Nord et du Sud.

Au Nord-Est du puits, les ouvriers sont morts sur place, beaucoup d'entre eux brûlés, dans Marie Est 326 (12 victimes) et dans Joséphine, qui lui fait suite par le recoupage (78 victimes); il en a été de même dans le quartier de la montée de Joséphine plus au Nord, où 30 ouvriers semblent n'avoir pas bougé, tandis que les 2 hommes d'un cul-de-sac voisin du treuil Lecœuvre ont pu faire 15 et 30 mètres respectivement. Donc, à 326 au Nord-Est, les 122 ouvriers sont presque sans exception morts sur place, beaucoup d'entre eux brûlés.

Au Nord-Ouest, sur les 26 ouvriers de Marie 326, ceux qui se trouvaient dans la voie de fond ou près d'elle (9) n'ont pas bougé, tandis que ceux des dépilages (17) ont pu faire jusqu'à 100 mètres; aucun d'eux n'a pu pénétrer sur les treuils, et quelques-uns sont d'ailleurs morts à front même. Les brûlures sont fréquentes. Dans Joséphine, qui fait suite à Marie, les 7 ouvriers ont essayé de se sauver, 2 d'entre eux ont fait 10 mètres seulement; 4 autres, 30 à 40 mètres; enfin le dernier semble avoir parcouru 100 mètres. Dans Sainte-Barbe, qui vient après, aucun des ouvriers des fronts n'est mort sur place, ils ont fait de 10 à 100 mètres; ceux qui se trouvaient sur la voie de fond n'ont pas bougé, soit 8 ou 10 seulement sur un total de 34 hommes. En résumé, à 326 au Nord-Ouest où travaillaient 67 hommes, 20 au plus sont morts sur place dans les voies de fond, brûlés; les autres, dont quelques-uns étaient aussi brûlés, ont essayé de se sauver sans atteindre la voie de fond.

A l'extrême Nord, les 6 ouvriers d'Augustine 326 sont morts asphyxiés; 4 d'entre eux n'ont pas bougé; 2 autres ont pu faire 60 et 150 mètres. Dans Mathilde, située au-dessus, au voisinage du niveau de 280, aucun des ouvriers n'est mort sur le coup; ils ont tous essayé de se sauver; 6 d'entre eux y ont réussi en descendant à 326 par le bure et en gagnant l'accrochage, où ils furent retrouvés le 10 au soir; les 30 autres sont morts asphyxiés sur le même chemin.

Dans Sainte-Barbe Nord-Est, niveau intermédiaire entre 326 et 280, aucun des 56 ouvriers n'est non plus mort sur place; 25 d'entre eux se sont sauvés, le 10 mars, par 280 vers le n° 2; les 31 morts, qui avaient essayé de fuir vers le n° 3 par 326, ont été retrouvés dans les échelles du bure qui descend à 326, où ils sont tombés asphyxiés.

Enfin, dans Joséphine 303 Est, les 2 ouvriers ont pu faire 20 à 30 mètres avant de tomber asphyxiés.

En résumé, pour le Nord du n° 3, tous les ouvriers de 326 sont morts, les trois quarts sur place; tous les ouvriers de 303 et des quartiers voisins de 280 ont pu essayer de se sauver, et un tiers d'entre eux, soit 31, y ont réussi. Il n'y a donc eu, comme au n° 2, d'effets foudroyants qu'à un seul niveau, à 326, les étages supérieurs n'ayant eu à souffrir que des suites de l'explosion.

Aux accrochages et dans les parties de bowettes situées à leur voisinage, notamment à 230 devant les barrages du feu de Cécile, tous les hommes sont morts sur le coup, brûlés à 326, assommés à 303 et à 280.

Dans les quartiers du Sud du n° 3, les 22 ouvriers de Joséphine plateure Sud-Ouest sont morts à peu près sur place, quelques-uns brûlés ; l'unique ouvrier garde d'écurie de Sainte-Barbe plateure Sud-Ouest est mort également sans bouger, assommé. Dans Cécile plateure Sud-Est, les ouvriers de la voie de fond sont morts sur place, brûlés; ceux des descenderies (22) ont tous pu essayer de se sauver et sont morts asphyxiés, soit en remontant, soit même dans la voie de fond jusqu'à près de 100 mètres de leur chantier. Dans Sainte-Barbe plateure Sud-Est, 40 ouvriers sont morts sur place ; quelques autres ont pu faire de courts parcours. Ils portent des brûlures. C'est dans la descenderie située près du recoupage venant de Cécile que l'on remarque le plus long parcours (30 mètres). C'est également tout près de cette entrée, mais au Nord, que se trouvait le chantier des 5 seuls survivants du quartier. Ils sont restés quelques heures à l'abri dans leur cul-de-sac, jusqu'à ce qu'ils puissent gagner par le châssis de retour l'accrochage de 303, où ils furent retrouvés le 10 au soir.

En résumé, dans les plateures du Sud, tous les ouvriers sont morts, sauf 5 de Sainte-Barbe Sud-Est ; les trois

quarts des morts sont restés sur place : l'autre quart est formé d'ouvriers des descenderies de Cécile, qui sont tombés asphyxiés en se sauvant.

Dans les dressants situés plus loin au Sud, il n'y a pas eu de morts foudroyantes ; les 66 ouvriers de ces quartiers ont tous pu essayer de se sauver. A Sainte-Barbe Sud-Ouest, les deux hommes qui ont tenté de remonter à 280 par le châssis y ont réussi et ont gagné l'accrochage, où ils furent retrouvés le 10 mars au soir ; les 14 autres essayèrent de se sauver par 326 et, devant l'afflux des gaz méphitiques, tombèrent asphyxiés dans la bowette ou un peu avant d'y arriver. A Joséphine Sud-Ouest, un certain nombre d'ouvriers tombèrent également dans la bowette 326. D'autres, au nombre de 14, se réfugièrent à l'extrémité de la voie de fond et s'y défendirent contre l'envahissement des gaz délétères par deux palissades, bourrées avec des vêtements ; les gaz les traversèrent pourtant rapidement et les hommes durent mourir au bout de quelques heures à peine, puisque leurs « boutelots » ont été retrouvés pleins ou à moitié pleins à côté d'eux. Enfin 10 hommes de ce quartier tentèrent d'abord de fuir par 280 ; 5 d'entre eux devaient ressortir le 30 mars avec 8 des 11 ouvriers d'Adélaïde Sud-Est. Nous allons retracer brièvement l'histoire de ces 13 « rescapés ».

Les 10 hommes de Joséphine qui montèrent à 280 n'essayèrent pas d'aller à l'accrochage de cet étage, en raison de la peur que leur causait l'incendie de Cécile. Ils se dirigèrent vers 231 par le montage tracé dans Joséphine ; ils durent s'y arrêter une fois et reculer devant un nuage de fumées, mais réussirent, à la deuxième tentative, à gagner l'accrochage 231. Il était midi vingt minutes. A ce moment ils entendirent appeler. Ce devait être les survivants rassemblés à 303, qui furent recueillis le soir même. Les 10 ouvriers de Joséphine crurent que c'étaient des ouvriers d'abouts et tentèrent de monter à

leur rencontre par les échelles, mais elles étaient tombées à partir de la quatrième. Une nouvelle invasion de gaz délétères les obligea tous les dix à quitter l'accrochage; ils revinrent à Joséphine dressant et descendirent au pied du treuil dans la voie de fond 326. Ils n'y trouvèrent personne de vivant; les 14 hommes enfermés entre les deux palissades étaient morts déjà; les survivants n'allèrent pas de ce côté et ils ignorèrent l'existence de boutelots pleins à leur portée. Les 10 survivants, revenus à Joséphine, mangèrent et s'endormirent ou défaillirent, car dans leur tournée ils avaient respiré des gaz toxiques; la voie de fond de Joséphine ne devait d'ailleurs pas être saine encore; aussi ceux qui se réveillèrent, ou qui revinrent à eux, ne se retrouvèrent plus que 5 vivants : 3 ouvriers mineurs, Nény Henri, Boursier Léon et Wattiez Henri, et 2 galibots, Pruvost Anselme et Martin Victor. Les 5 hommes s'avancèrent vers la bowette 326, mais les fumées empêchaient toujours de passer; ils rappelèrent sur un tuyau; on leur répondit. Ils attendirent longtemps, plusieurs jours, appelant constamment sans rien voir venir. Trois d'entre eux, Wattiez, Boursier et Pruvost, résolurent alors de retourner à 231 : ils laissèrent, avec le petit Martin, Nény qui s'était blessé à la jambe dans les échelles, et ne pouvait que se traîner, et ils remontèrent à 231, où ils attendirent sans bouger. Ils devaient y être retrouvés dix ou douze jours plus tard par les 10 autres rescapés.

Nény et Martin purent s'avancer petit à petit par la bowette vers Sainte-Barbe; il n'y avait pas de gros éboulements, mais l'air était peu respirable. Parvenus enfin à la voie de fond de Sainte-Barbe, ils virent que c'était d'elle que venaient les appels et trouvèrent, au pied du beurtia qui monte à Adélaïde, les 8 survivants de cette veine. Ceux-ci, qui avaient été 11 au début, avaient perdu, le deuxième ou le troisième jour, trois camarades tom-

bés dans la voie de fond d'Adélaïde en essayant par deux fois de gagner la bowette de 280; ils n'avaient, d'autre part, pu réussir à s'avancer bien loin par la bowette 326; un éboulement serrant les avait arrêtés à 50 mètres au Nord de la voie de fond de Sainte-Barbe. Aussi s'étaient-ils résolus à se tenir dans le cul-de-sac formé à 326 par Cécile, où se trouvait une source ; ils se nourrissaient avec le cadavre d'un cheval qu'ils avaient tué. Ils entendirent rappeler sur les tuyaux, répondirent, et au bout de plusieurs jours virent arriver Nény et Martin, au lieu des sauveurs qu'ils espéraient. Les 8 survivants d'Adélaïde étaient Pruvost Charles, Castel Louis, Lefèvre Elie, Noiret Romain, Danglos César, Dubois Albert, Couplet Honoré et Vandenhove Léon.

Les dix hommes réunis décidèrent, au bout d'un très long repos encore, de remonter à 280. Cette fois, ils arrivèrent à la bowette sans plus rencontrer de mauvais gaz, s'avancèrent vers l'accrochage, mais ils n'osèrent, toujours à cause du feu de Cécile, passer devant les barrages, et descendirent à 303 par le bure de Sainte-Barbe. A l'accrochage de 303, ils prirent de l'eau au puits et trouvèrent de l'avoine à l'écurie de Sainte-Barbe. Puis ils se mirent à marcher par Joséphine 303 vers le n° 2. Ils durent passer là 400 mètres d'éboulements considérables, arrivèrent au bure de Sainte-Barbe qu'ils montèrent, et n'avaient plus dès lors devant eux jusqu'au n° 2 qu'une voie petite, mais en bon état; mais, dans l'obscurité où ils étaient, ils ne la trouvèrent pas et se heurtèrent à un cul-de-sac remblayé qu'ils prirent pour un éboulement serrant; ils battirent en retraite et revinrent au n° 3 à 303. A l'accrochage, en s'avançant vers le puits pour prendre de l'eau, ils entendirent appeler; on reconnut la voix de Boursier, un des 3 qui étaient remontés de Joséphine 326 à 231. Les 10 autres allèrent les rejoindre par le bure de Sainte-Barbe (303-280), la bowette

Sud 280 et le montage de Joséphine à 231. Les 13 rescapés, réunis le seizième ou le dix-septième jour, attendirent à l'accrochage 231 encore un jour, pendant lequel ils décidèrent de tenter la voie de Julie 280 vers le n° 2, chemin dont Castel avait entendu parler. Cette fois, ils descendirent directement à l'accrochage 280 par les échelles du bure 231-280, passèrent le plus rapidement qu'ils purent devant les barrages du Nord, où ils ne virent rien de suspect, et s'arrêtèrent encore une demi-journée après les avoir dépassés. Enfin ils se mirent en marche par la bowette Nord et Julie, et, sans s'être arrêtés, arrivèrent au n° 2 par la bowette Nord 306, le 30 mars, à huit heures du matin.

Fosse n° 4. — Au n° 4, nous allons passer en revue d'abord les quartiers de l'étage principal d'exploitation à 331 mètres, puis ceux de 383 et de 299.

A 331, à l'Est, dans les quartiers de Joséphine et de Marie qui forment la communication avec le n° 3, les ouvriers sont morts sur place ou à quelques mètres à peine de la place qu'ils devaient occuper, brûlés presque tous. Ils étaient 54 dans le quartier de Joséphine et 21 dans la descenderie de Marie. Au Sud-Est, dans Joséphine plateure, sur les 34 ouvriers, 28 sont morts également sans bouger, généralement brûlés ; les autres paraissaient avoir fait 20 à 30 mètres ; enfin 2 ont été retrouvés à 100 mètres du chantier où ils auraient dû être. Dans Sainte-Barbe plateure, les 3 ouvriers de la voie de fond sont morts sur place brûlés, mais aucun des 10 ouvriers des descenderies n'est resté sur place. Ils ont tous tenté de fuir par la voie de fond de Sainte-Barbe renversée, où ils sont tombés en file, asphyxiés par les gaz venus de la bowette. Les 10 hommes de Cécile dressant sont tombés de même en essayant de s'approcher du beurtia descendant à Sainte-Barbe plateure.

A l'extrémité Sud des travaux, dans Joséphine renversée, les 19 ouvriers ont tenté de se sauver par la bowette 299 ; ils sont tombés asphyxiés tout le long de la bowette; quelques-uns sont parvenus à moins de 100 mètres du puits.

Au Sud-Ouest, sur 48 ouvriers de Joséphine plateure, près de 40 semblent n'avoir presque pas bougé; 6 autres, qui travaillaient aux fronts les plus à l'Ouest, ont fait de 20 à 30 mètres; enfin 2, dont le chantier était voisin de 299, ont pu gagner la bowette de cet étage et sont morts en y débouchant.

Sainte-Barbe plateure offre au Sud--Ouest deux quartiers successifs reliés à celui de Joséphine par un recoupage. Dans le premier, le plus considérable, les ouvriers des treuils (24 hommes), situés à droite du recoupage, sont morts sur place, brûlés; ceux de la descenderie à gauche (12 hommes) ont pu bouger, et quelques-uns ne sont tombés qu'à 100 mètres de leur chantier. Le second quartier de Sainte-Barbe ne comprenait que deux avancements (4 hommes); il est tout voisin de l'extrémité du recoupage où travaillaient 2 hommes et d'un avancement dans Cécile où 2 hommes également étaient occupés. Ces 8 ouvriers ont survécu quelques heures, comme nous l'avons déjà raconté brièvement. Ils se réfugièrent dans le cul-de-sac de Sainte-Barbe en bouchant d'abord les buses qui servaient à aérer le front du recoupage, puis celles qui aéraient le cul-de-sac de Sainte-Barbe. Les fumées pénétrèrent cependant jusqu'à eux; à huit heures et demie du soir, ils durent tenter à toutes forces de traverser les mauvais gaz. Deux seulement, Delplanque Achille et Broy Auguste, y réussirent et arrivèrent à l'accrochage à onze heures et demie; les 6 autres tombèrent soit dans la voie de fond même de Sainte-Barbe, soit dans le recoupage.

Dans Cécile enfin, qui sert de retour aux quartiers pré-

cédents, 10 hommes furent retrouvés asphyxiés à très faible distance de l'endroit où ils devaient être.

En résumé, à 331 dans les travaux du Sud, 2 hommes seulement, qui travaillaient à l'extrême Sud-Ouest, ont pu s'échapper ; les quatre cinquièmes des ouvriers des plateures sont morts sur place, brûlés ; tous ceux des dressants sont tombés asphyxiés en s'enfuyant.

La veine Marie fait à 331 tout le tour du puits. A l'Est sur le chemin du 3, nous avons vu que les 21 ouvriers étaient morts sur place. Dans la descenderie du Nord-Est, quelques ouvriers (4 ou 5) ont pu quitter leur chantier et ont fait quelque 30 ou 40 mètres ; les autres sont morts sur place. Ceux des voies de fond et des voies principales des treuils du Nord et du Nord-Ouest sont morts sur place. Les hommes qui travaillaient dans les dépilages du Nord-Ouest ont presque tous pu tenter la fuite ; ceux qui se trouvaient le plus près de la voie de fond ont fait 10 à 20 mètres ; ceux qui étaient en haut du quartier, 50 à 60 mètres ; deux d'entre eux ont pu redescendre jusqu'à la voie de fond. Enfin, dans les descenderies de l'Ouest, les ouvriers ont pu se réunir et sont morts asphyxiés. On peut compter que la moitié des 121 ouvriers de Marie sont morts sur place, généralement brûlés.

Dans les veines du Nord, il ne semble pas qu'aucun ouvrier soit mort sur le coup. Dans Amé Ouest et Amé Est, tous ont tenté de fuir par la bowette ; 66 d'entre eux sont tombés asphyxiés ; ceux qui ont fait le plus de chemin ont été retrouvés à 150 mètres de leur chantier. Cependant 5 ouvriers d'Amé parvinrent à la bowette et furent recueillis par le porion Grandamme, qui les amena au Nord dans Marie 2e branche. Dans Eugénie, 25 ouvriers qui fuyaient sont morts au voisinage de la bowette ; mais 19 autres ont été retrouvés et emmenés également par le porion Grandamme. Il les réunit aux 9 survivants de Marie 2e branche (sur 13 ouvriers). Tous attendirent

jusqu'à deux heures de l'après-midi, le 10 mars, dans Marie 2e branche ; puis, les mauvais gaz arrivant sur eux par la bowette, le porion Grandamme les fit passer dans la veine Amé par le retour de Marie : ils redescendirent dans la voie de fond d'Amé, et 23 d'entre eux, sur 34, purent arriver à la bowette 331 et de là à l'accrochage 383. Les 11 autres tombèrent en route. Parmi ceux-ci se trouvait Berthon Auguste, qui se ranima au bout d'un temps qu'il ne put apprécier. Il prit le même chemin qu'avaient suivi ses camarades, descendit à 383, ne put approcher de l'accrochage à cause de l'envahissement des eaux et passa dans la bowette Sud par la bowette tournante. Dans la bowette Sud et aux alentours, il vécut avec les nombreux « boutelots » et « briquets » que les ouvriers de ces quartiers avaient laissés en s'enfuyant. Enfin, le 4 avril, entendant du bruit dans le puits, où l'on circulait déjà depuis trente-six heures, il remonta à 331 par le bure Lefel d'Amé à Marie, et trouva une équipe qui le ramena à l'accrochage.

A l'étage de 383, la proportion des morts est encore très élevée à l'accrochage, où 11 hommes sur 12 sont morts sur place, brûlés, et dans la bowette Nord, où 10 hommes sur 11 (2 bowetteurs et 8 ouvriers d'Amé et d'Eugénie) sont tombés asphyxiés en tentant de fuir. Mais, dans les grands travaux du Sud, qui comportaient un personnel de 120 hommes, 4 seulement ont péri, dont un est tombé dans les fumées de la bowette et trois ont été brûlés et tués sur place dans Amé, au voisinage du bure Lefel, qui fait communiquer cette veine avec Marie 331.

L'étage de 299 n'avait plus qu'un quartier en activité, Joséphine Nord-Est, dont les 8 ouvriers sont morts, 4 presque sur place, les 4 autres à 20 ou 30 mètres de leur travail.

En résumé, au n° 4 comme au n° 3 et au n° 2, ne sont morts sur place et n'ont été brûlés que les ouvriers du

grand étage d'exploitation et de roulage 331-326-340, ainsi que les hommes qui se trouvaient aux accrochages supérieurs et inférieurs, ou à leurs abords. L'explosion a donc étendu ses ravages instantanés dans presque tous les travaux de ce grand étage, en ne respectant que les quartiers situés à l'extrême Sud et à l'extrême Nord. Les quartiers épargnés par elle n'en ont pas moins été balayés très rapidement par les gaz méphitiques produits par l'explosion, à l'exception des quelques culs-de-sac que nous avons signalés et où des ouvriers survécurent quelques heures, et à l'exception aussi des dressants de Joséphine et d'Adélaïde où vécurent les rescapés et que l'arrêt de l'aérage causé par la destruction du goyot empêcha d'être aussitôt après l'explosion envahis par les gaz méphitiques.

VI.

CONSTATATIONS RELATIVES A LA MARCHE DE L'EXPLOSION ET A SON ORIGINE PROBABLE.

Le champ proprement dit de l'explosion se trouve, comme nous venons de le voir, presque tout entier compris dans l'étage 331-326-340. Sur un plan des voies de fond de cet étage (Pl. V), nous avons tenté de délimiter son domaine. Les voies qu'a suivies l'explosion sont marquées par un trait rouge ; ce sont celles où ont été trouvées des croûtes de coke, témoins du passage de la flamme, celles au voisinage desquelles les ouvriers sont morts sur place, celles où les effets dynamiques ont été particulièrement importants, celles enfin où a été constaté sur les parois, au toit ou sur les éboulements, un dépôt caractéristique de poussière ou de suie noires. — Les voies soulignées en bleu sont, au contraire, celles dans lesquelles aucun des caractères précédents n'a été relevé et où

l'explosion proprement dite n'est pas passée ; elles ont seulement été parcourues par une chasse d'air plus ou moins violente, amenant plus ou moins rapidement leur envahissement par des gaz méphitiques. — Les voies non soulignées de rouge ni de bleu sont celles où il y a doute sur le passage de l'explosion.

C'est dans le domaine de l'explosion, ainsi marqué en rouge, qu'il a fallu chercher à reconnaître le sens de sa marche, à l'aide des indications données par ses effets calorifiques et dynamiques.

Les croûtes de coke produites par la distillation partielle des poussières peuvent, malgré des discordances locales sur lesquelles nous reviendrons plus tard, donner un renseignement général sur le sens de l'explosion. Il est admis qu'elles sont, en règle ordinaire, déposées sur le côté des bois, ou des wagonnets, qui est opposé à celui

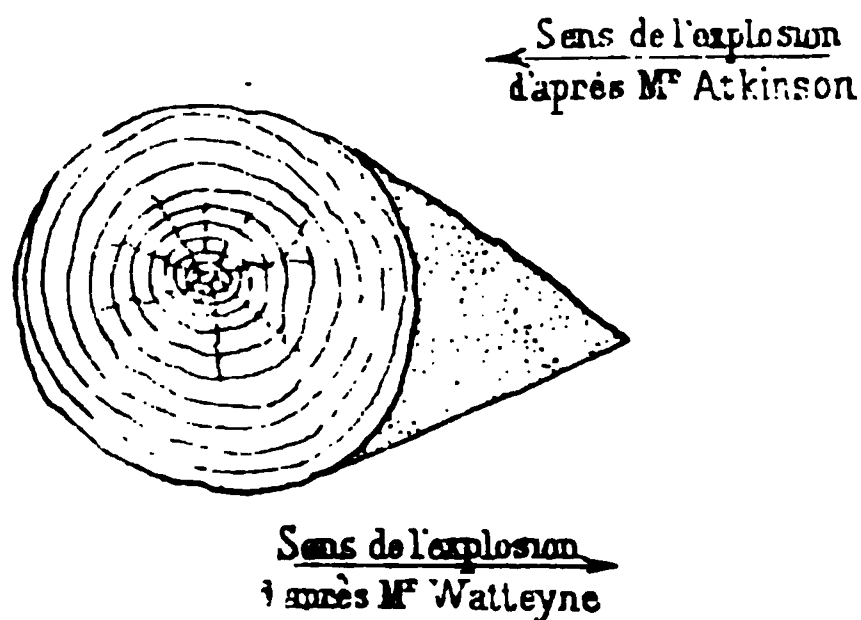


Fig. 6. — Section d'un bois et d'une arête de poussière.

d'où vient l'explosion. Malheureusement, et c'est une constatation qui a été souvent faite déjà, elles sont surtout abondantes dans les culs-de-sac, et n'apparaissent que rares et légères dans les grandes voies où les indications qu'elles peuvent donner seraient les plus précieuses. Les croûtes de coke les plus intéressantes ont été figurées sur les Pl. III et V.

A proximité des croûtes de coke, et souvent sur les mêmes bois qu'elles, ont été relevées des arêtes ou des bandes étroites de poussières, dépôts à section triangulaire (*fig.* 6), formées le long d'une génératrice d'un bois. Leur orientation a été différemment (*) interprétée; nous y reviendrons plus tard. En fait, nous avons observé en de nombreux points des arêtes de poussières faisant face au côté d'où venait l'explosion, d'après des effets dynamiques très nets. — Les arêtes de poussières les plus remarquables sont figurées sur les Pl. III et V.

Les effets dynamiques ont été d'ordres très divers. Les indications les plus sûres sur le sens de l'explosion ont été données par les portes d'aérage, défoncées et projetées assez nettement d'un même côté de leur position initiale; par les wagonnets en bois, dont les fers avaient été tordus dans un sens donné; par les wagonnets en fer, avec leurs flancs enfoncés par le choc; par les cadres en fer, abattus d'un même côté; par les bois de voie verticaux, tous déversés d'un même côté. — Nous n'indiquerons plus loin, dans la description des effets de l'explosion, que les observations les plus importantes, en renvoyant aux numéros marqués sur la Pl. V pour indiquer leur place exacte.

Comme les effets calorifiques, mais à un moindre degré, les effets dynamiques semblent présenter parfois des contradictions quant au sens de l'explosion; il est impossible de les débrouiller toutes, car nous ignorons si on peut en expliquer quelques-unes, et dans quelle mesure, par un effet de choc en retour ou par des explosions successives, dont la possibilité ne sera démontrée que par des études spéciales. En en attendant le résultat, nous pouvons nous détacher de ces contradictions locales pour chercher une série d'indications très nettes, incontestables et toutes concordantes, qui puisse nous servir de guide sûr.

(*) W. N. Atkinson, *Report of the Talk o' th' Hill explosion*, 1901; — V. Watteyne, *Rapport sur la catastrophe de la Boule*, 1887.

Or l'inspection du plan des voies de fond sinistrées de la Pl. V montre que le réseau complexe de ces galeries forme deux ensembles, l'un situé au Nord du n° 3, l'autre formé des quartiers du Sud du n° 3 et de tout le n° 4. — *Ces deux ensembles sont réunis par une seule communication qui est la bowette 326 du n° 3, au Nord du puits.* Dans cette bowette, entre la voie de fond de Marie au Nord et le puits au Sud, toutes les indications d'effets dynamiques sont concordantes et indiquent que, *dans cette voie, l'explosion s'est dirigée du Nord vers le Sud.* Certaines de ces indications sont très fortes; d'autres le sont moins; mais en tous cas elles ne sont contredites par aucune indication contraire.

C'est cette voie qui va nous servir de point de départ. Après avoir examiné les constatations qui y ont été faites, nous suivrons la marche de l'explosion dans les quartiers qu'elle commande au Sud, c'est-à-dire vers le Sud du n° 3 et le n° 4; puis nous reviendrons à son extrémité Nord pour examiner ce qui s'est passé au Nord du n° 3.

Bowette 326 au Nord du n° 3. — Au Sud de la voie de fond de Marie, la bowette présentait d'abord des éboulements importants, d'où sortaient une série de cercles en fer tous fortement tordus et repliés vers le Sud. Plus loin, dans des parties de voie à peu près intactes, stationnaient deux trains de berlines pleines avec de très nombreux fers tordus vers le Sud. A la hauteur de la veine Amé (Pl. V, n° 1), de nouveau un garnissage de cercles de fer avait été renversé au Sud (*fig.* 7); et plus loin vers l'accrochage, deux autres trains avaient subi des effets dans le même sens.

A l'accrochage 326, la chasse gazeuse s'engouffra dans le puits en enfonçant des grilles; deux chargeurs d'accrochage furent précipités dans la cage Sud qui se trouvait sur les taquets. L'explosion monta à la fois dans le

puits et le bure d'accrochage ; elle s'étendit à 303 dans la bowette Nord jusqu'à la voie de fond de Joséphine Est dite Caporal, qui fut ravagée sur plusieurs centaines de mètres, tandis qu'au Sud Sainte-Barbe restait intacte.

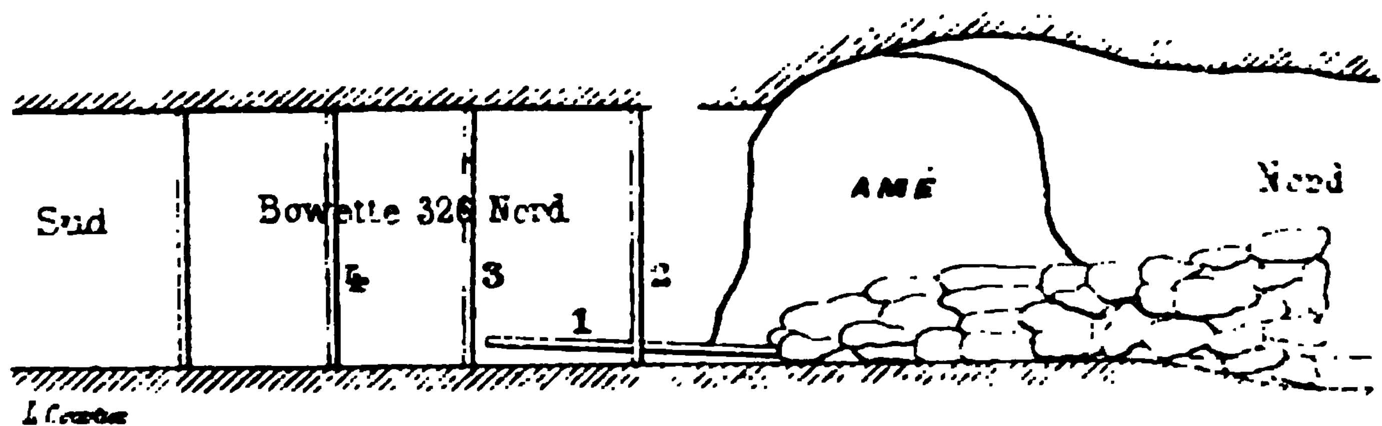


FIG. 7. — A l'entrée d'Amé, le cercle 1 est rabattu au Sud : on a retrouvé jusque sous le cercle 4 une accumulation de bois provenant de l'entrée d'Amé.

A 280, la violence de la chasse gazeuse assomma les ouvriers, qui se trouvaient assez nombreux aux environs de l'accrochage, et renversa deux barrages de l'incendie de Cécile vers l'intérieur des travaux, comme nous aurons à l'exposer plus longuement dans la suite.

Travaux du Sud du n° 3. — Au Sud du puits, l'explosion suivit d'abord la bowette maçonnée, sans lui causer de dommages, puis pénétra à droite dans les deux écuries (Pl. V, n°s 2 et 3) ; la première est restée intacte, sauf une grille renversée au fond ; la seconde a, au contraire, beaucoup souffert : des étais verticaux en fer ont été renversés ou courbés vers le fond de l'écurie. La différence de traitement des deux écuries, construites de la même façon, est curieuse à constater. L'entrée de la première, restée intacte, est beaucoup plus étroite que celle de la seconde, circonstance qui peut fournir peut-être une explication.

Au delà des écuries, l'explosion a trouvé une voie large dans Joséphine Sud-Ouest ; c'est par là qu'elle a gagné le

n° 4, où nous la suivrons tout à l'heure. La voie suivante était celle de Sainte-Barbe plateure, qui présentait au voisinage de la bowette des éboulements considérables ; ils s'arrêtaient presque subitement au bout de 180 mètres, et le reste de cette communication avec le n° 4 était intact. Des projections de berlines, et aussi de bottes de foin et de paille près de l'écurie (Pl. V, n° 4), y indiquaient seules le sens de la chasse d'air, vers l'Ouest.

Plus loin dans la bowette Sud, très fortement éboulée, on rencontrait près de Cécile des berlines vides défoncées vers le Sud. Dans la voie de fond de Cécile plateure Ouest, où l'explosion pénétra en défonçant une porte vers l'Ouest (Pl. V, n° 5) et en culbutant une berline, il n'y avait pas grand dégât. Le montage de l'estoupée E, était intact.

Plus loin dans cette voie de Cécile, qui forme la troisième communication du n° 3 avec le n° 4, on ne rencontrait plus aucune trace d'explosion, sauf un éboulement de charbon au pied du crochon, peut-être postérieur à la catastrophe. Les deux retours de Cécile vers le n° 4 étaient fermés par deux doubles portes qui sont restées intactes et ont été retrouvées fermées, bien qu'elles s'ouvrissent vers le n° 4.

Dans Cécile plateure Est, l'explosion a causé quelques dégâts de boisage et quelques éboulements sans grande importance et bouleversé des berlines vides : le quartier de Sainte-Barbe auquel Cécile Est donne accès a, par contre, beaucoup plus souffert. Comme nous l'avons vu précédemment, les ouvriers y sont morts sur place, tandis que dans Cécile ils ont pu revenir aux plans inclinés. On y a trouvé du coke, tandis que dans Cécile il n'y en avait pas trace. Nous aurons à revenir, en étudiant l'action des poussières, sur les différences de traitement de Cécile et de Sainte-Barbe Sud-Est.

Au Sud de Cécile plateure, dans la bowette, l'explo-

sion s'est arrêtée vers Cécile dressant ; les voies de fond des dressants de Sainte-Barbe et de Joséphine étaient intactes et sans trace de coke.

En résumé, au Sud du n° 3, l'explosion venant du Nord a trouvé d'abord une large issue à droite par Joséphine, vers le n° 4 ; en raison de cette dérivation, elle perdit de sa force vers le Sud, pénétra cependant de 180 mètres environ dans Sainte-Barbe à droite, de 150 mètres dans Cécile à droite, et jusqu'à l'extrémité de Cécile et de Sainte-Barbe à gauche ; mais elle n'alla pas plus loin dans la bowette, et respecta les dressants et leurs communications avec l'étage supérieur.

Fosse n° 4. — C'est la communication par Joséphine que l'explosion a suivie pour passer du n° 3 au n° 4. A partir de la bowette 326 du n° 3, on rencontrait d'abord des éboulements considérables sur 300 mètres environ,

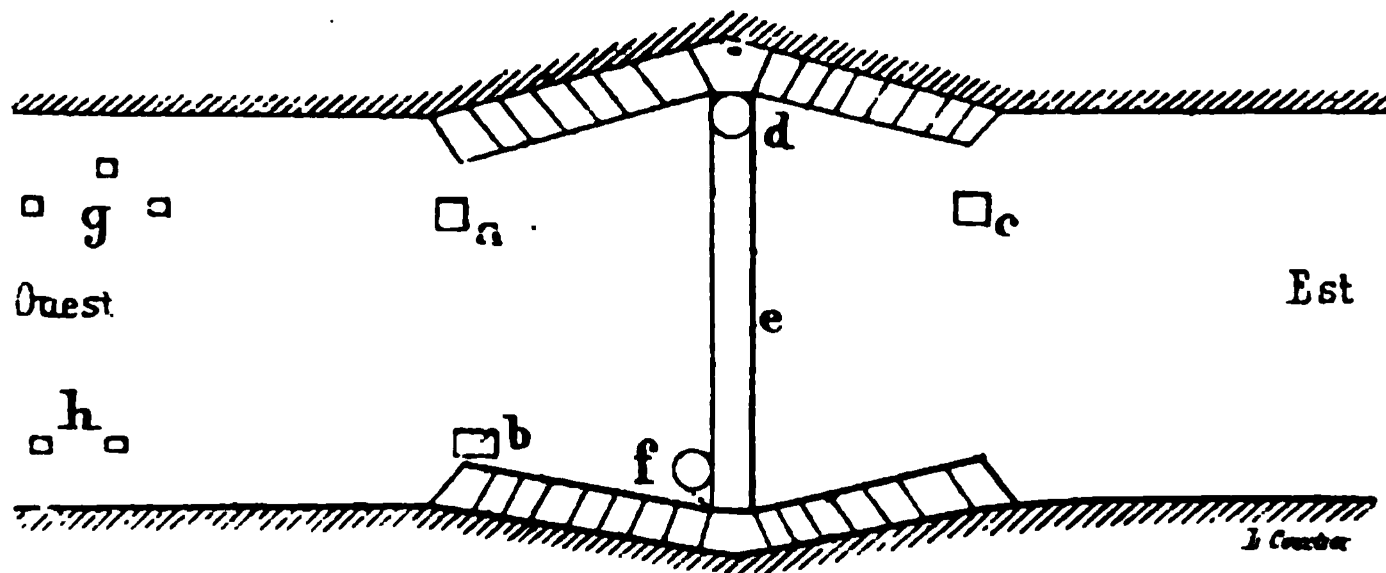


FIG. 8. — Ancienne porte double dont il n'existait plus avant la catastrophe que le cadre en maçonnerie et les montants. Les montants *a*, *b* et *c* étaient fortement inclinés à l'Ouest. Le bois *f* avait glissé de dessous la bille, vers l'Ouest. Des briques ont été projetées en *g* et *h*.

recouverts d'une couche de suie noire particulièrement épaisse. Des bois projetés, des maçonneries de portes démolies (Pl. V, n° 6, et *fig.* 8), des berlines défoncées donnaient des indications très nettes sur le sens de l'explosion vers l'Ouest.

Les travaux du n° 3 et du n° 4 dans Joséphine communiquaient par une voie étroite, de 1^m,20 de hauteur environ et de 100 mètres de longueur, qui a peu souffert, mais où ont été relevées des traces de coke orientées à l'Ouest. Dans les travaux du n° 4, les éboulements reprenaient, localisés au pied des treuils.

Une recrudescence considérable de la violence de l'explosion s'est produite au commencement du recoupage de Joséphine à Marie (Pl. V, n° 7), au pied du retour d'air de la montée des échelles où passait un volume d'air considérable. Le recoupage était entièrement éboulé et les berlines y avaient beaucoup souffert. A son extrémité, l'explosion a bifurqué en prenant à gauche la voie de fond de Marie, qui lui ouvrait l'accès de la bowette Sud 331, et à droite une voie de Marie qui la faisait pénétrer dans le quartier de cette veine situé au Nord du puits. Elle a pris ces deux chemins avec une extrême violence; nous allons la suivre successivement de chaque côté.

La voie de fond de Marie a beaucoup souffert ; une porte d'aérage (Pl. V, n° 8) a été projetée à l'Ouest. La descenderie à gauche a été ravagée. A droite, la porte de communication avec le bure Lefel et les barrières de ce bure ont été défoncées. L'explosion, descendue par le bure, est arrivée dans Amé 383; mais elle n'a pénétré dans cette veine que d'une soixantaine de mètres. Arrivée par Marie Sud-Est à la bowette Sud 331, l'explosion s'est étendue à la fois vers le puits 11 (entrée d'air), en faisant sauter les portes qui le séparaient du n° 4, et vers le Sud. De ce côté, de grands quartiers s'ouvraient à elle par la bowette.

D'abord à droite se présentait la voie de fond Marie couchant. L'explosion s'est étendue presque jusqu'à son extrémité en projetant ou défonçant les portes et en causant des éboulements importants; elle a traversé le recoupage reliant les voies de fond du Sud et du Nord et est

montée jusqu'au sommet des treuils. Dans ce grand quartier de Marie couchant, seules les deux descenderies extrêmes ont été épargnées ; les ouvriers qui y travaillaient ont pu se réunir et survivre quelques heures.

Plus loin dans la bowette Sud s'ouvrait à gauche et à droite Joséphine. A gauche, des éboulements considérables se sont produits, favorisés par de nombreux accidents locaux. L'explosion s'est arrêtée de ce côté au pied du montage qui sert de retour à 299, et ne s'est élevée qu'à peine au-dessus du niveau de 331.

A droite, les voies de Joséphine ont été également ravagées ; il ne restait guère de bois en place, pas plus dans les treuils et voies parallèles que dans la voie de fond. Dans ce réseau de galeries, qui toutes s'ouvraient à la chasse gazeuse, on trouvait des effets dynamiques assez importants, qui tous indiquaient une marche générale vers l'Ouest, c'est-à-dire vers les fronts. L'explosion n'est pas montée jusqu'à l'étage de retour ; elle s'est arrêtée à peu près régulièrement à hauteur d'un accident parallèle à la direction qui passe à 100 mètres au Nord de la voie de fond.

Le quartier de Sainte-Barbe Sud-Ouest, où l'on accède par le recoupage de Joséphine, a été également ravagé jusqu'à front, comme l'indiquaient les croûtes de coke et l'emplacement des cadavres des treuils de l'Ouest retrouvés à leur chantier même. Dans la descenderie de l'Est, l'explosion semble avoir pénétré moins profondément. Au delà de Sainte-Barbe et du bure montant à Cécile, le recoupage était indemne ; l'explosion est venue mourir là sans aller jusqu'aux voies de fond de Cécile et de Sainte-Barbe 2e branche, à l'extrémité du recoupage, et sans monter jusqu'au haut du bure de Cécile.

Il nous reste, au Sud, à suivre l'explosion dans la bowette 331 au delà de Joséphine. Elle n'a guère été bien loin de ce côté. La première voie qui se présentait à elle,

Sainte-Barbe plateure à l'Est, a été suivie jusqu'à la communication avec le n° 3 et au montage de retour à 299, comme en témoignent les croûtes de coke ; les premières voies des descenderies du crochon ont été aussi parcourues par la flamme. Il s'est produit dans ce quartier complexe un tourbillonnement attesté par des croûtes de coke discordantes.

Au delà de Sainte-Barbe plateure, les voies de Sainte-Barbe et de Joséphine dressants sont restées intactes, et on n'a pu relever aucune trace d'explosion.

Il nous faut revenir maintenant au Nord du puits. Comme nous l'avons dit, cette région a été balayée par la seconde dérivation du courant gazeux venu du n° 3 par Joséphine 331 Sud-Est et le recoupage de Marie. Une voie peu large et accidentée (Pl. V, n° 9) a amené l'explosion à la voie de fond de Marie Nord-Est, dont la descenderie et les treuils ont été ravagés jusqu'à front ; puis l'explosion est revenue vers la bowette Nord par la voie de fond de Marie Nord-Est, avec une force considérable, comme le prouvaient des débris de portes fichés profondément dans les pierres du garnissage, et le déchiquetage du corps d'un galibot.

Arrivée à la bowette, l'explosion s'est rabattue au Sud vers le puits, avec une violence énorme, arrachant et tordant une dizaine de cercles de fer qui garnissaient la bowette (Pl. V, n° 10) et les transportant en paquet à 12 ou 15 mètres au Sud, où ils furent retrouvés sous une partie maçonnée. La veine Marie, qui se tient là à quelques mètres au-dessus de la bowette, s'y abattit en formant un éboulement serrant de 8 à 10 mètres de hauteur, en même temps que l'explosion s'étendait dans la bowette vers le Nord en défonçant un train de berlines. La voie de fond d'Amé a été envahie à droite et à gauche ; mais, dans les descenderies et les treuils, la flamme n'a que peu pénétré. Les veines suivantes, Eugénie, puis Marie 2e branche, ont

été indemnes; dans la bowette, les croûtes de coke, à peine perceptibles, s'arrêtèrent à l'entrée de la voie de fond d'Eugénie. La porte d'aérage qui barrait là la bowette a été défoncée vers le Nord, sans projections violentes. Elle marque la limite de l'explosion du côté du Nord.

L'explosion pouvait envahir l'étage inférieur de 383 mètres par le bure Lefel (Pl. V, n° 11) de Marie Sud-Est 331 à Amé 383, par le bure réunissant les bowettes 331 et 383 à 130 mètres au Nord des puits (Pl. V, n° 12), enfin par le puits et son bure d'accrochage. Toutes ces communications se trouvaient sur le

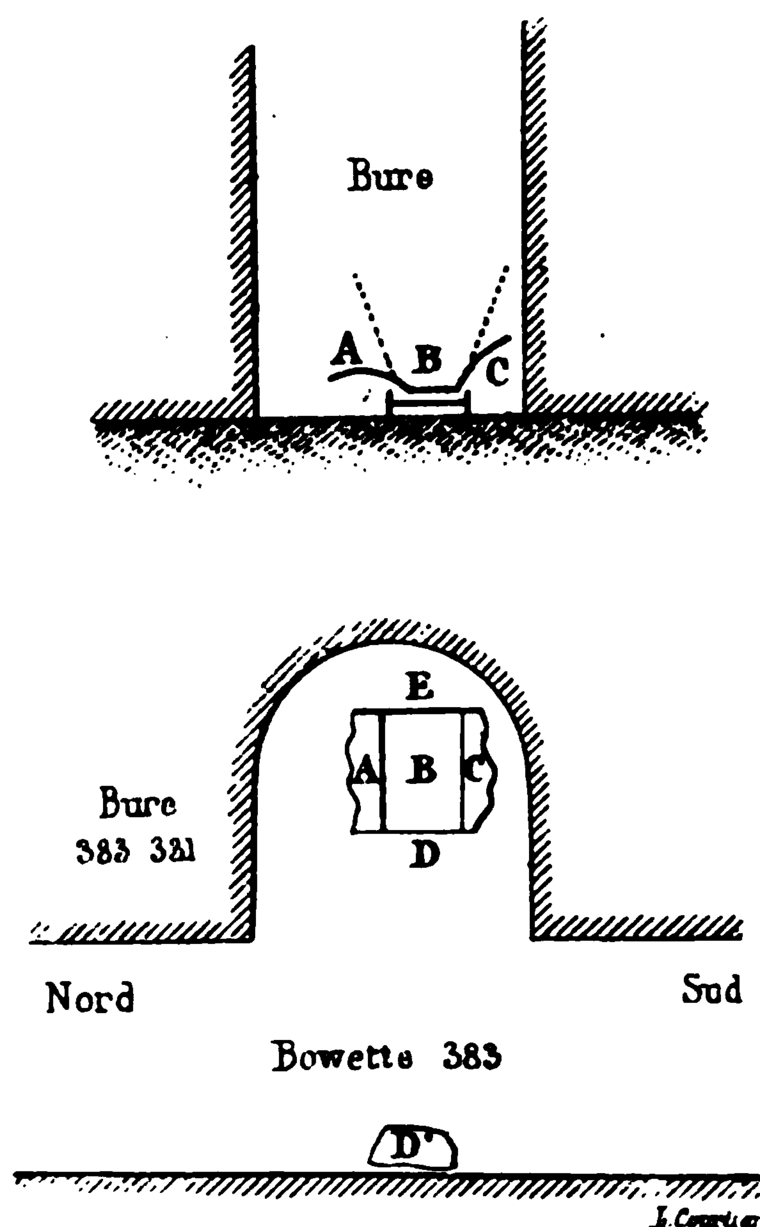


Fig. 9. — Berline aplatie, les côtés A et C rabattus, le côté D projeté en D'.

passage de la flamme à 331 mètres. Nous avons vu que la flamme est bien descendue par le bure Lefel, mais qu'elle s'est arrêtée dans Amé à 60 mètres environ du

pied du bure. D'après les constatations faites sur les effets dynamiques, c'est le bure entre bowettes (n° 12) qui paraît avoir été la vraie voie d'accès de l'explosion à l'étage inférieur.

Au pied du bure, à 383 (*fig.* 9), une berline encore encagée a été complètement aplatie par l'explosion venue d'en haut. Vers le Nord de la bowette 383, l'explosion n'a pas été très loin, elle ne semble pas avoir pénétré dans les deux avancements d'Amé et d'Eugénie reliés à la bowette par un court bure. Elle n'est pas non plus arrivée à front de la bowette; les trois hommes qui y travaillaient ont pu se sauver vers le puits, et l'un d'eux est sorti vivant.

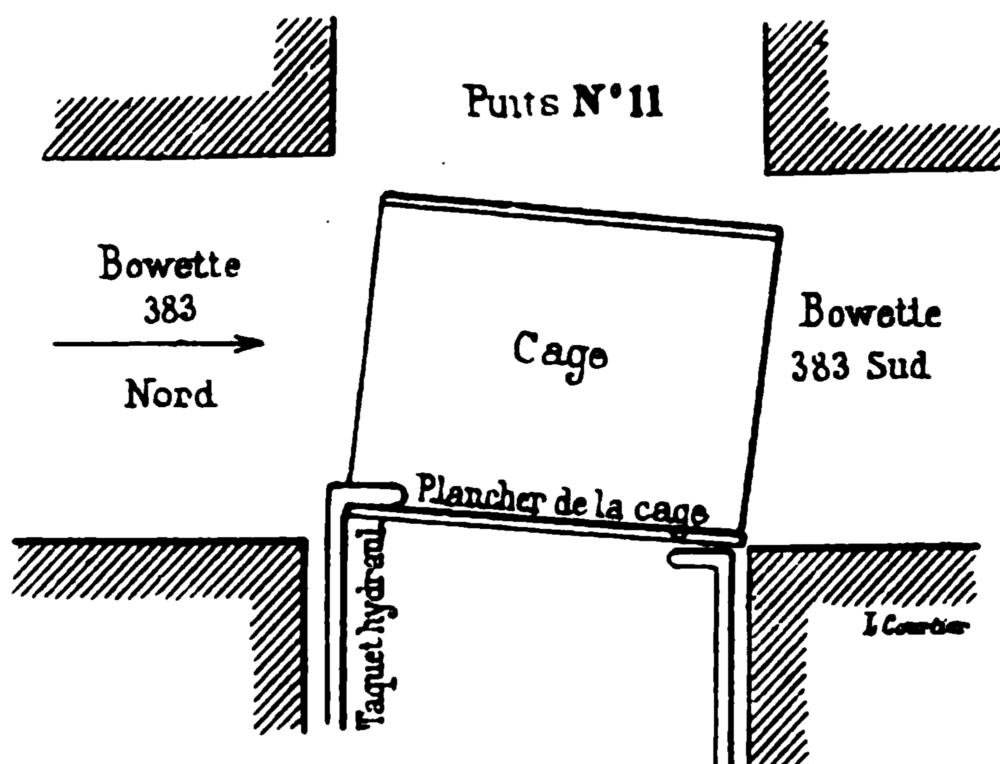


Fig. 10.

Vers le Sud, l'explosion a gagné le puits avec violence en poussant au Sud la cage qui se trouvait alors sur les taquets. Dans ce mouvement, la cage a dépassé l'ergot du taquet hydraulique Nord (*fig.* 10), qui, devenu libre, est monté au-dessus du plancher de la cage et y est resté pris. La cage, chassée au Sud et ne présentant aucun aplatissement, semblait ainsi prouver que l'explosion n'est pas descendue par le puits n° 11 lui-même.

La flamme venant de la bowette Nord a donc traversé le puits en brûlant les hommes qui se trouvaient à l'accrochage et dans la bowette tournante, et a gagné la bowette Sud. Elle s'y est étendue jusqu'à 120 mètres du puits environ, en causant des éboulements assez considérables. Sa limite parait se trouver exactement à la partie de bowette maçonnée sur 20 mètres de long où se trouvait l'entrée des écuries (Pl. V, n° 13). Au delà, on ne trouvait plus aucune trace d'explosion. La voie de fond d'Adélaïde s'ouvrait quelques mètres plus loin, puis celles d'Eugénie, d'Amé, de Marie ; on n'y relève aucun dégât ni aucun dépôt de coke ou de suie, non plus que dans la bowette.

Le grand quartier de 383 au Sud a donc été presque entièrement indemne ; il n'y a pénétré que deux langues de feu, de 100 mètres de longueur en moyenne, l'une descendue dans Amé par le bure Lefel, et l'autre ravageant la bowette Nord et la bowette Sud.

L'étage supérieur de 299 mètres a, avec celui de 331 mètres, des communications nombreuses au Sud (les retours de toutes les veines du Sud) et plus limitées au Nord (les puits, le bure d'accrochage et le retour de Joséphine 331 Est).

Comme nous l'avons vu, les retours des veines au Sud n'ont pas été atteints par l'explosion et sont restés indemnes, aussi bien celui de Joséphine 331 Sud-Est et Sud-Ouest que ceux de Sainte-Barbe et des dressants.

En fait, toutes les voies du Sud à 299 mètres sont demeurées à l'abri des effets directs de l'explosion ; elles ont été seulement envahies par les gaz méphitiques qui sont montés par le puits et ont pénétré dans les voies de fond par la bowette Sud 299.

Au Nord, le quartier de la descenderie de Joséphine a été ravagé. Par où l'explosion y est-elle parvenue ? Deux chemins étaient possibles : d'abord le retour de Joséphine

331 Est (Pl. V, n° 14), branché sur la communication avec le n° 3, retour très long et très étroit, qui a paru absolument intact et où n'a été relevée aucune trace du passage de l'explosion; puis la bowette Nord 299, où l'explosion serait montée par le bure d'accrochage 331-299; celui-ci, en effet, a livré passage à un courant gazeux qui s'est épanché en partie dans Marie à mi-hauteur. En haut du bure, le courant aurait pris la bowette Nord jusqu'à la descenderie Joséphine. Il a été relevé en fait sur ce parcours trois éboulements serrants (Pl. V, n° 19); mais cette voie n'offrait pas d'une façon nette les signes caractéristiques du passage de l'explosion, teinte noire et dépôts de poussières et de coke. Une croûte très légère sur un bois semblait bien pourtant être cokéifiée. C'est ce chemin qui paraît le plus vraisemblable.

Nous avons fini de suivre du côté de l'Ouest la marche de l'explosion à partir du n° 3; nous l'avons menée au n° 4 par un seul boyau d'abord, où sa violence, considérable au début, décroît progressivement, puis par deux dérivations où se manifeste une violence nouvelle; ces deux branches ont abouti aux bowettes 331 Nord et Sud et se sont rabattues toutes deux vers les puits 4 et 11, aux environs desquels les bures ont servi de passage à l'explosion pour la faire pénétrer à faible distance dans les étages supérieur et inférieur.

Travaux du Nord du n° 3, et du n° 2. — Il nous faut revenir à notre point de départ, dans la bowette Nord 326, au croisement de la voie de fond de Marie, et chercher quelle a été la marche de l'explosion dans la région située au Nord de ce point, c'est-à-dire dans les quartiers commandés par les trois voies qui y aboutissent : Marie Ouest, Marie Est, bowette Nord au Nord de Marie. Nous examinerons successivement ce qui s'est passé de ces

trois côtés, en cherchant à y trouver un point de départ possible pour l'explosion.

Marie Nord-Ouest 326. — Dans la voie de fond de Marie Ouest, les projections de bois étaient dirigées vers l'Ouest (Pl. V, n° 16). La parallèle donnait au contraire des indications très nettes d'explosion venant de l'Ouest : une pierre fichée par sa tranche dans un bois et une bille projetée à 5 mètres vers l'Est. Les treuils et recoupes les rejoignant présentaient des projections dans un sens et dans l'autre. D'autre part, les montages allant au bure de 303 et au bure d'Amé montrent d'une façon très nette, par la position des croûtes de coke et des bandes étroites de poussières, que l'explosion n'est pas entrée par là dans Marie Ouest, mais en est sortie.

Les recoupages qui font communiquer la voie de fond de Marie-Ouest avec celles de Joséphine et de Sainte-Barbe, quartier tout à fait isolé au Nord-Ouest, montrent d'une façon non moins claire, par la projection des portes d'aérage (Pl. V, n° 17), que l'explosion y a pénétré en venant de Marie. Il semble que, dans ce quartier, l'explosion se soit développée surtout dans Sainte-Barbe, qui a énormément souffert, et dont les ouvriers ont très peu bougé. L'explosion de Sainte-Barbe ne s'est d'ailleurs pas étendue dans cette veine jusqu'au grand quartier du Nord-Est. Elle s'est arrêtée (Pl. V, n° 18) au commencement d'une section de voie où cessait le roulage et où, par suite, les dépôts de poussières devaient être moins abondants.

En définitive, nous voyons bien que l'explosion est sortie de Marie Nord-Ouest par toutes les issues autres que la bowette 326 ; mais, pour cette dernière issue ou entrée possible, nous ne voyons rien de bien net : la voie de fond donne des indications vers les fronts, la parallèle donne des indications plus fortes en sens inverse. On

pourrait penser alors placer quelque part dans cette veine l'origine de l'explosion. Mais aucun centre de projections n'y a été relevé, non plus qu'aucune cause possible d'explosion. Dans deux chantiers on se servait d'explosifs pour couper le toit; à l'un d'eux les ouvriers avaient reçu, le 10 au matin, six cartouches Favier, elles ont été retrouvées intactes; d'ailleurs les cadavres des ouvriers étaient à front, et le toit a été retrouvé en place jusqu'à la partie déjà boisée, sans trace de coup de mine. Dans l'autre chantier, les derniers explosifs distribués étaient de la veille, du 9 mars; ils n'ont pas été retrouvés: la taille était absolument intacte, sans aucune chute de bois, de pierres et de charbon. D'autre part, aucune trace de gaz inflammable n'a été observée dans cette veine.

Marie Nord-Est 326. — Dans Marie Est, la voie de fond a beaucoup souffert; en plusieurs points des éboulements considérables s'y sont produits, en d'autres places le boisage est resté absolument intact. Des indications d'effets mécaniques contradictoires ont été fournies par des berlines défoncées et des projections de bois (Pl. V, n° 19).

Dans le quartier en cul-de-sac de Marie situé au delà du recoupage allant à Joséphine (Pl. V, n° 20), toutes les projections s'accordaient, au contraire, pour prouver que l'explosion s'est avancée vers l'Est.

Le recoupage de Joséphine, complètement éboulé, n'a pu donner aucune indication.

Dans les deux voies de fond de Joséphine qui s'ouvrent à son extrémité, les croûtes de coke, toutes concordantes, et le boisage renversé régulièrement vers l'Est prouvaient que l'explosion s'y est propagée vers l'Est. Elle a gagné les travaux de Joséphine sur le n° 2, qui ont été balayés en redescendant vers le puits par deux voies principales. Dans la première à droite, dite treuil Cousin,

dont la partie supérieure a été complètement détruite, l'explosion s'est arrêtée à 400 mètres environ du puits, dans une région en rauchage (Pl. V, n° 21). La deuxième voie suivie par l'explosion longeait le pied des dépilages dont les ouvriers sont morts sur place et où a été allumé le premier feu de Joséphine, puis redescendait par le grand treuil, dit à quatre balles, qui suit la faille Connétable. En passant, elle a pénétré dans le beurtia Bourlard 340-306, à mi-hauteur duquel s'ouvrent les travaux de Sainte-Barbe; l'explosion s'est maintenue dans le bure, dont les échelles sont tombées, et ne s'est pas étendue dans les travaux de Sainte-Barbe ni dans la bowette 306. Elle est arrivée à peu de distance du puits et semble s'être arrêtée dans une partie maçonnée de la bowette Nord voisine de l'accrochage (Pl. V, n° 22).

En résumé, dans le quartier que commande, à partir de la bowette Nord 326 du n° 3, la voie de fond de Marie Est, nous voyons qu'il y a doute sur le sens de l'explosion entre la bowette et l'entrée de Joséphine; au delà de ce point, la marche de l'explosion a eu lieu vers l'Est, c'est-à-dire vers le puits n° 2, qu'elle n'a d'ailleurs pas pu atteindre.

Dans la région douteuse, formée par Marie Est, le recoupage et l'entrée même de Joséphine, les explosifs étaient employés à deux chantiers. L'un se trouvait à l'avancement même de la voie de fond de Marie vers l'Est; les derniers explosifs distribués étaient du 7 mars, ils n'ont pas été retrouvés. Les cadavres des deux ouvriers étaient à front, et rien n'indiquait qu'un coup de mine eût pu être tiré récemment. L'autre chantier se trouvait dans un cul-de-sac de 10 mètres, branché sur la voie de fond du Nord de Joséphine. Les derniers explosifs distribués étaient du 9 mars, ils n'ont pas été retrouvés. Les deux cadavres se trouvaient à front; il n'y avait qu'une quantité insignifiante de charbon abattu.

Aucune trace de gaz inflammable n'a été trouvée dans cette région.

Bowette Nord 326 au Nord de Marie. — La bowette Nord 326 au Nord de Marie était d'abord fortement éboulée jusqu'au pied du bure Ballon, sans donner par conséquent d'indice sur le sens de l'explosion, puis présentait des marques très nettes d'une explosion venue du Sud, croûtes de coke et projections de berline (Pl. V, n° 23). Plus loin au Nord, des indications contradictoires ont été relevées presque à côté les unes des autres (Pl. V, n° 24); elles étaient données par les fers de berlines tordus tantôt vers le Sud et tantôt vers le Nord. Il semble que deux explosions de sens contraire se soient croisées dans cette partie de bowette située au Sud de Joséphine, l'explosion venue du Sud étant plus violente que celle venue du Nord.

A hauteur de Joséphine, deux éboulements importants obstruaient la bowette, l'un à l'entrée de la voie de fond (Pl. V, n° 25), l'autre sous le passage de la montée de Joséphine (n° 26). Ce dernier éboulement avait largement agrandi le trou normal d'aérage qui faisait communiquer cette voie avec la bowette. Au Nord de Joséphine, la bowette n'avait plus que des dégâts de boisage. L'explosion est venue mourir à l'entrée d'Augustine.

En définitive, il y a doute sur le sens de l'explosion dans le tronçon de bowette situé entre Marie et Joséphine, ou plutôt, en présence de la violence des effets dynamiques dans l'un et l'autre sens, il semble bien qu'il est passé là deux explosions de sens contraires. Les projections vers le Nord ont pu être causées par une explosion venue de Marie. Les projections vers le Sud ont pu être le fait d'une chasse gazeuse pénétrant dans cette partie de bowette par une de ses communications avec le reste des travaux, c'est-à-dire par le bure Ballon ou plus au Nord par une des voies de Joséphine. Or les

constatations faites dans le bure Ballon et, à son sommet, dans les travaux de Joséphine, ont montré que l'explosion avait remonté le bure en venant de la bowette, et s'était étendue au sommet à faible distance, s'arrêtant à l'entrée de la bowette 303 d'une part, et dans un petit châssis étroit et pierreux d'autre part. Avec les travaux de Joséphine à 326, la bowette avait trois communications (*fig.* 11): 1° la voie de fond en cul-de-sac V à l'Ouest; elle n'a aucunement souffert et ne parait pas avoir été suivie par l'explosion; 2° un petit châssis d'aérage *h*, à droite de la bowette; la porte d'aérage qui s'y trouvait a été renversée au Nord-Est; 3° le trou d'aérage *a* faisant communiquer la bowette avec la montée de Joséphine; il a été élargi par l'éboulement sans qu'on ait pu voir dans quel sens l'explosion y a passé. C'est donc l'unique passage par lequel on puisse supposer que soit venue l'explosion dont les effets vers le Sud se sont fait sentir dans la bowette; elle venait donc de la montée de Joséphine.

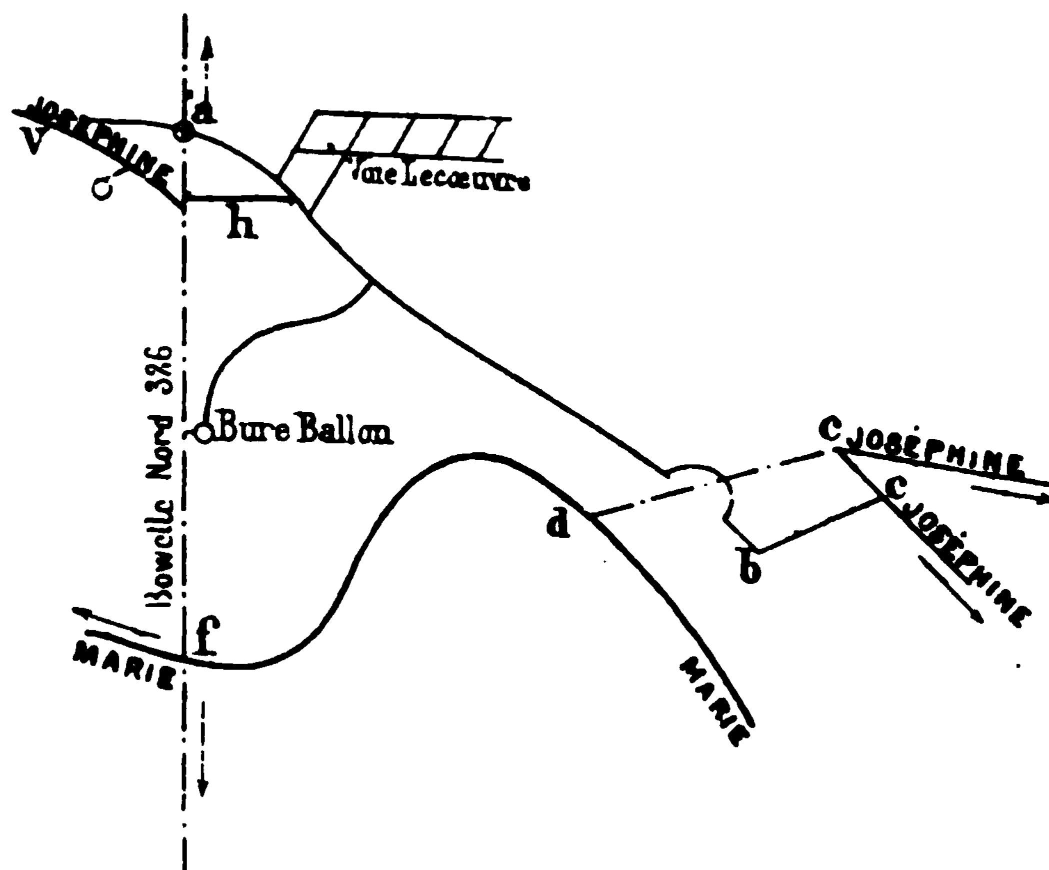


Fig. 11. — Région douteuse au Nord de Marie.

Celle-ci relie par le chemin direct *abc* (*fig.* 11) les

extrémités des voies où le sens de l'explosion reste douteux ou plutôt semble double, c'est-à-dire le recoupage de Joséphine à Marie (*cd*), la voie de fond de Marie Est (*df*) et la bowette Nord (*fa*). Une explosion ayant son origine quelque part sur ce polygone, notamment entre *a* et *b*, pourrait donc expliquer que les courants gazeux sortis par les extrémités *a* et *b* aient pu croiser leurs effets successifs sur les voies *af* et *fc*. Or, sur la montée *ab* s'ouvre précisément le treuil de la voie Lecœuvre où ont été observés des effets calorifiques et dynamiques saisissants, tant par leur intensité que par leur sens, puisqu'ils partaient des fronts.

Voie Lecœuvre. — Les constatations faites dans la voie Lecœuvre et sa parallèle ont été reportées sur un plan spécial (Pl. II, *fig.* 4).

La voie Lecœuvre et sa parallèle, reliées à la montée de Joséphine par un treuil et sa parallèle, forment à partir de celle-ci comme un cul-de-sac de 200 mètres de long, en ferme. La parallèle de la voie Lecœuvre longe exactement la faille Connétable.

Une équipe composée de deux frères Lecœuvre, Arthur et Joseph, travaillait dans la voie Lecœuvre; une autre équipe, Pruvost Louis et Lecœuvre Henri, travaillait à la parallèle. Une haveuse Sullivan servait pour les deux avancements à tour de rôle ; on minait dans les deux voies avec de la poudre Favier n° 1.

Pruvost Louis étant malade le 9 mars, l'avancement eut lieu seulement dans la voie Lecœuvre ; il en fut de même le 10. Les trois frères Lecœuvre se trouvaient donc sur la voie inférieure, avec le herscheur Régis Louis, qui roulait les berlines jusqu'à la tête du treuil.

D'après la déposition très nette de Pruvost, l'aérage de ces deux voies se faisait comme il suit (*fig.* 12): l'air pénétrait dans la montée de Joséphine par le trou de communication

avec la bowette, montait le treuil Lecœuvre, puis prenait la parallèle jusqu'à front ; des buses aspirantes le ramenaient jusqu'à la porte de la recoupe, d'où il se rendait librement à front dans la voie Lecœuvre ; enfin il reprenait là des buses aspirantes aboutissant à une porte au delà de la recoupe, redescendait la parallèle du treuil et suivait la montée de Joséphine vers l'Est et le n° 2.

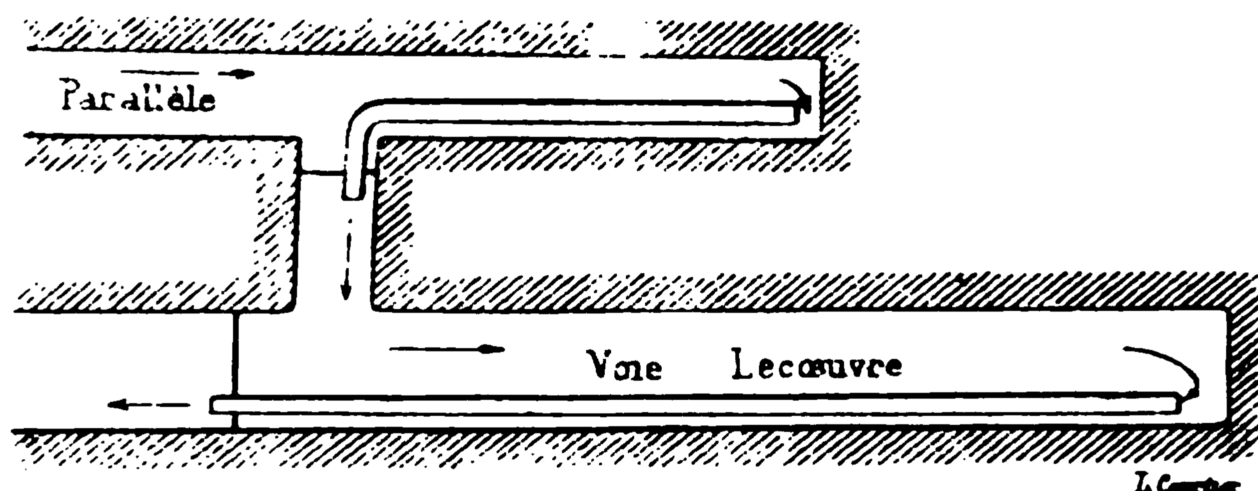


Fig. 12.

Les constatations les plus saillantes faites dans la voie Lecœuvre se résument comme il suit. Les effets calorifiques ont été intenses jusqu'au front de la voie et de sa parallèle. La poussière ramassée à front de la voie avait subi une distillation partielle et ne tenait plus que 20 p. 100 de matières volatiles au lieu de 34 p. 100. La partie superficielle des parois de la veine était formée jusqu'à front de charbon également cokéfié, présentant généralement l'apparence d'une mousse légère. Les effets mécaniques ont été extraordinairement violents. Les bois de la voie Lecœuvre sont tous tombés pêle-mêle sur une longueur de plus de 80 mètres à partir du front ; les buses ont beaucoup souffert. Elles ont 2^{m},05 de long, 0^{m},35 de diamètre et 0^{m},003 ou 0^{m},0025 d'épaisseur ; leur poids est de 45 kilogrammes. Elles sont frettées aux deux bouts et au milieu. La quatrième buse, située à 10 mètres du front, a été réduite en 89 morceaux ; la quatorzième, à

35 mètres du front, en 11 morceaux. Les autres buses sont déchirées, généralement ouvertes par leur génératrice supérieure à l'extrémité tournée vers le front. Leur position après la catastrophe indique un centre d'explosion qui serait placé à 10 mètres environ des fronts, contre la paroi Sud, à l'extrémité de la quatrième buse, qui a été réduite en pièces. Les trois premières buses semblaient ramenées vers le front. Les morceaux de la quatrième ont été retrouvés, au contraire, dans l'autre sens, éparpillés sur 12 mètres ; la sixième buse a été repoussée contre la septième et mise en travers de la voie ; il en est de même des quinzième et seizième, ramenées sur la dix-septième. Deux morceaux de bois ont été retrouvés à 16 mètres et à 40 mètres du front, portant chacun un morceau de buse fiché par la tranche du côté du bois qui fait face au front. Au delà de la recoupe, des débris de berline avaient été projetés à grande distance, du côté opposé aux fronts.

Trois cadavres ont été retrouvés à front : l'un d'eux était couché contre le front dans la rainure du havage, calé contre la veine en place par le talus d'un tas de charbon encore à front ; les deux autres étaient l'un sur l'autre, les pieds et les jambes reposant sur ce même tas de charbon. Ils étaient intacts, c'est-à-dire qu'ils avaient conservé tous leurs membres, mais ceux-ci présentaient des fractures et des plaies nombreuses. Les plaies étaient incrustées de particules charbonneuses. A l'autopsie, ont été relevées des traces très nettes de brûlures externes et internes.

Le quatrième cadavre, également brûlé, a été retrouvé à 20 mètres du front, le thorax complètement écrasé ; à l'intérieur de la cage thoracique se remarquaient les mêmes incrustations charbonneuses. Les deux membres droits manquaient ; ils ont été retrouvés 2^{m},50 au delà, de part et d'autre de la buse d'aérage.

A front se remarquait un culot de mine de 0^{m},50 de

profondeur et de $0^m,10$ d'ouverture, sur lequel nous aurons à revenir plus loin.

On pouvait suivre la marche de l'explosion vers la parallèle par la recoupe : les coudes des buses et de la conduite d'air comprimé avaient été projetés contre la paroi Nord de la parallèle. Celle-ci a été presque comblée par un éboulement considérable, favorisé par la présence de la faille qui est là à découvert.

En s'éloignant des fronts de la voie Lecœuvre et de sa parallèle, on a relevé, sur les bois restés en place au voisinage du treuil, des croûtes de coke face au treuil et des arêtes de poussières face aux fronts. La poulie qui se trouvait en haut du treuil a été projetée vers le pied du treuil, à 5 mètres de son emplacement primitif. Au pied du treuil, un mur en pierres sèches a été déversé dans la montée de Joséphine. — Ces effets mécaniques concordaient tous à indiquer que l'explosion était descendue de la voie Lecœuvre par le treuil et sa parallèle. Ils étaient cependant contredits par quelques croûtes de coke relevées au pied de la parallèle du treuil, face aux fronts.

Dans la montée de Joséphine, il n'a pas été relevé d'indication nette entre le treuil Lecœuvre et le trou de communication avec la bowette 326. — A l'Est du treuil Lecœuvre, la montée n'avait pas souffert non plus sur une longueur de 80 mètres; mais du coke orienté à l'Est y a été relevé. Un montage en cul-de-sac de 30 mètres est resté absolument intact. Les croûtes de coke y montaient jusqu'à 6 mètres des fronts. Les deux hommes qui y travaillaient n'ont pas été brûlés et ont pu faire 15 et 30 mètres. Plus loin vers l'Est, après des indications très nettes d'une poussée vers l'Est données par une porte d'aérage, des croûtes de coke et des bandes étroites, commençaient des éboulements considérables qui ont empêché toute constatation des effets de l'explosion. Ils s'étendaient à l'Est, jusqu'au voisinage du grand

quartier de Joséphine situé à la limite du n° 2, dans lequel, comme nous l'avons vu, l'explosion s'est, d'après toutes les indications, dirigée vers l'Est.

En définitive, dans cette longue montée de Joséphine, rien n'est contraire à l'hypothèse que l'explosion s'y est développée en venant des voies Lecœuvre. Tout peut s'y expliquer aussi, d'ailleurs, en supposant que l'explosion principale y est montée de la bowette 326 et que les effets extraordinaires relevés dans la voie Lecœuvre, sa parallèle et son treuil sont l'œuvre d'une explosion secondaire.

Nous avons terminé l'examen de la marche de l'explosion dans les quartiers sinistrés, examen qui avait pour but de déterminer son origine. Nous avons réussi seulement à éliminer, comme région d'origine, tous les travaux du n° 3 situés au Sud de Marie, et tous ceux du n° 4 et du n° 2, et nous ne retenons comme possible que la région du Nord du n° 3 comprise entre Marie et Joséphine, région tout entière dominée par la voie Lecœuvre.

VII.

HYPOTHÈSES FAITES SUR LES CAUSES DE L'EXPLOSION.

Les constatations faites dans les fosses sinistrées, si elles ont permis de déterminer quelques-unes des grandes lignes de la marche de l'explosion, n'ont abouti cependant à aucune certitude quant à son point de départ, et encore moins quant à sa cause initiale. Aussi faut-il, en fin de compte, se contenter d'hypothèses, après la clôture des investigations prolongées faites au fond, comme aux premiers jours qui ont suivi la catastrophe. Nous allons examiner successivement les quelques hypothèses qui ont

pu être faites, aussi bien celles qui ont été émises antérieurement à toute constatation que celles qui sont basées sur les faits observés au fond après la catastrophe. Elles se réduisent à 6, qui sont :

1° Un coup de grisou ;

2° Une explosion de gaz inflammables produits par l'incendie de Cécile ;

3° Une inflammation de poussières due à un coup de mine au front de la voie Lecœuvre ;

4° Une inflammation due à l'explosion inopinée de cartouches dans cette même galerie ;

5° Une explosion de grisou dégagé au front de la voie Lecœuvre, ou de sa parallèle, prolongée par une inflammation de poussières ;

6° Une inflammation de poussières provoquée dans Marie 326 au n° 3, par une cause inconnue, accompagnée d'une explosion secondaire dans la voie Lecœuvre.

Dans les deux premières hypothèses, les gaz explosifs répandus largement dans les fosses sinistrées peuvent, par leur inflammation, expliquer la catastrophe dans toute son étendue. Dans les quatre dernières hypothèses, au contraire, on n'imagine que la cause initiale de la catastrophe, une explosion originelle de violence assez réduite, et il faut faire appel à la propagation de l'explosion par les poussières pour expliquer son étendue.

1° **Coup de grisou.** — Les trois fosses sinistrées n'étaient pas classées grisouteuses ; la recherche réglementaire de grisou y avait lieu pendant la nuit du dimanche au lundi dans les travaux neufs. Comme nous l'avons déjà dit, la présence du grisou n'a jamais été signalée sur le registre des rapports par les employés chargés de la visite, sauf pour l'étage 383 au n° 4 où ils crurent reconnaitre du gaz à trois reprises, en 1902, 1903 et 1905. Ces employés n'ayant jamais eu l'occasion auparavant de reconnaître le

grisou, et la présence de celui-ci aux points signalés n'ayant pu être décelée immédiatement après ces rapports par l'ingénieur de la fosse, on peut se demander s'il y eut vraiment là des apparitions de gaz. En tous cas, si elles ont eu lieu, elles ont été très courtes et insignifiantes comme débit. On ne saurait donc concevoir, étant donné les résultats des recherches hebdomadaires de grisou, qu'il ait pu se trouver dans les fosses sinistrées des gaz explosifs en volume assez considérable pour ravager un champ d'exploitation d'une telle étendue.

On a mis en avant l'influence d'une forte baisse barométrique qui aurait précédé la catastrophe et permis à du grisou inconnu, emmagasiné dans les vieux travaux, de se répandre dans les galeries fréquentées et d'infester la mine. Il s'est bien produit une baisse lente de 12 millimètres du mercredi 7 à midi au vendredi 9 à deux heures du matin, suivie d'une période de hausse de 5 millimètres, qui a duré dix-sept heures, du vendredi 9 à midi jusqu'à l'heure de la catastrophe ; quelques heures après la catastrophe s'est produite une baisse barométrique très brusque, accompagnée d'une tempête violente et, deux jours après, d'une chute de neige abondante.

D'après les expériences faites à Hérin, en 1886, par M. l'Ingénieur en chef des mines Chesneau, dans des conditions barométriques tout à fait identiques à celles que nous venons de définir, le dégagement de grisou emmagasiné aurait pu commencer dès la première baisse, se maintenir pendant la légère hausse qui a suivi, pour se précipiter avec la violente baisse finale. Cependant rien ne permet de supposer que du grisou inconnu existât dans les vieux travaux ; de multiples changements d'aérage ont été effectués dans les fosses sinistrées après la catastrophe : d'abord le renversement général du 11-12 mars, puis de nombreuses modifications locales des courants d'air pour assainir successivement les quartiers de la mine. Ces

changements ont sans aucun doute modifié le régime des vieux travaux ; ils n'ont pas cependant mis en circulation et dégagé dans les galeries du gaz inflammable en quantité appréciable à la lampe Chesneau ou par l'analyse chimique.

Aussi l'hypothèse d'un coup de grisou, qui ne repose d'ailleurs sur aucun fait, a-t-elle été rejetée par tous les ingénieurs qui ont eu à examiner les fosses sinistrées.

2° **Explosion de gaz inflammables produits par l'incendie de Cécile.** — C'est à l'incendie de Cécile que l'on a dès le premier jour attribué la cause de la catastrophe. Il y avait, entre la fin de la construction des barrages de 280 et l'heure où l'explosion s'est produite, une coïncidence si frappante qu'il était impossible de ne pas chercher tout de suite dans les gaz explosifs distillés par le feu la cause de l'explosion ; mais, au fur et à mesure des constatations qui furent faites au fond, cette idée ne s'imposa plus avec la même apparence d'évidence et elle dut, en fin de compte, être à peu près généralement abandonnée.

Le jour même de la catastrophe et le lendemain, on put arriver à l'accrochage de 280 par la bowette Nord, et constater que les barrages B_4 et B_5, qui s'y trouvaient à l'entrée de l'écurie du Nord et d'une vieille voie de Cécile, étaient intacts (*fig.* 15). L'état de l'accrochage et de l'entrée de la bowette Sud, qui avaient également peu souffert, fit présumer qu'une explosion importante n'avait pas eu lieu à cet étage; mais il fut impossible, le 11 comme le 10 mars, de pénétrer dans la bowette Sud et d'aller vérifier l'état des barrages du Sud.

On fut conduit alors à penser, et cela s'accordait bien avec toutes les premières constatations qui montraient l'étage inférieur 331-326-340 comme de beaucoup le plus bouleversé, que la fuite des gaz explosifs de la distillation, si fuite il y avait eu, avait dû se produire par 326. On fit alors deux hypothèses.

D'après la première, la veine Cécile une fois fermée à 280, les gaz distillés qui s'y trouvaient, et l'air qui y pouvait pénétrer encore par 326 à travers les estoupées et les remblais, avaient obéi à l'appel du ventilateur du 4, qui était désormais seul à agir sur eux ; une succion plus ou moins rapide les avait attirés dans la voie de Cécile 326 ou dans son retour sur le n° 4, et là une lampe à feu nu avait allumé le mélange explosif.

La seconde hypothèse consistait à supposer qu'au moment de la fermeture des barrages de 280, un remous s'était produit dans l'incendie et avait ramené sur le foyer un mélange explosif ; l'explosion, peut-être peu importante, qui en était résultée, avait suffi cependant pour chasser au dehors de la veine, par les vides des estoupées et des remblais, les gaz distillés qui la remplissaient ; ceux-ci s'étaient, comme dans la première hypothèse, allumés à 326 sur une lampe à feu nu.

Le fait que des gaz s'étaient dégagés par les barrages pendant trois jours, et paraissaient avoir suivi un chemin très long et très détourné pour aller sortir par le barrage B_5 en cheminant par des vieux travaux de Cécile, faisait penser qu'un volume considérable de gaz distillés s'était accumulé dans ces vieux travaux.

Constatations à 280. — Il ne fut plus possible de rien constater avant le 30 mars. Ce jour-là, quand on revint au n° 3 après la sortie des 13 rescapés, le barrage B_1 fut trouvé absolument intact, tandis que les barrages B_2 et B_3 étaient tombés à l'intérieur, vers l'incendie (*fig.* 13 et 14). Les barrages B_4 et B_5 étaient intacts, tels qu'ils se trouvaient avant la catastrophe.

La chute des barrages B_2 et B_3 à l'intérieur, ainsi que les projections violentes de morceaux de briques et de ciment derrière le barrage B_3, prouvaient bien qu'à 280 le coup n'était pas venu de Cécile. L'examen de l'accrochage 280, ainsi que les constatations faites à 326 et

précédemment rapportées, montrèrent que l'explosion était montée à 280 de l'étage 326, comme en témoignaient

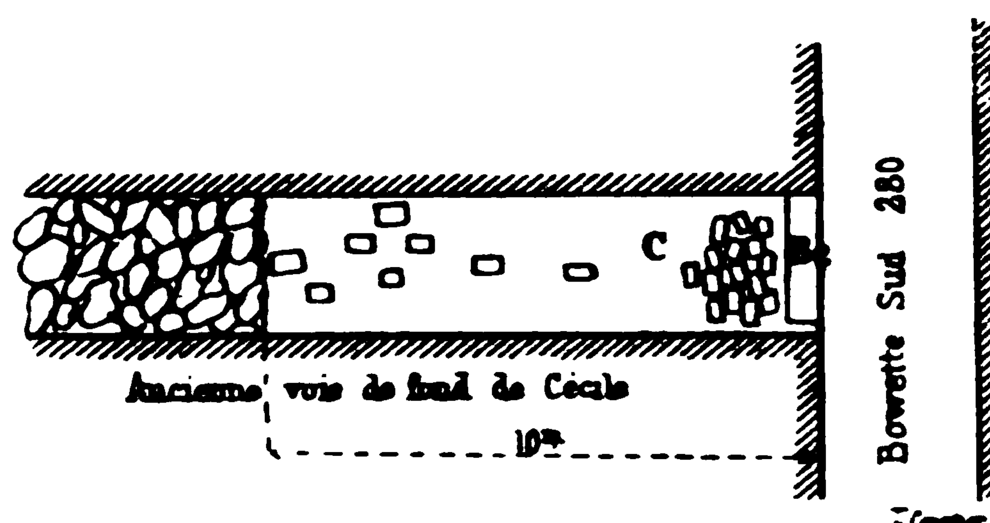


Fig. 13.
Barrage B_2 tombé en C; quelques briques projetées jusqu'à 10 mètres.

les projections des portes et grilles d'accrochage à 326 et 280. Il est à noter que des quantités considérables de

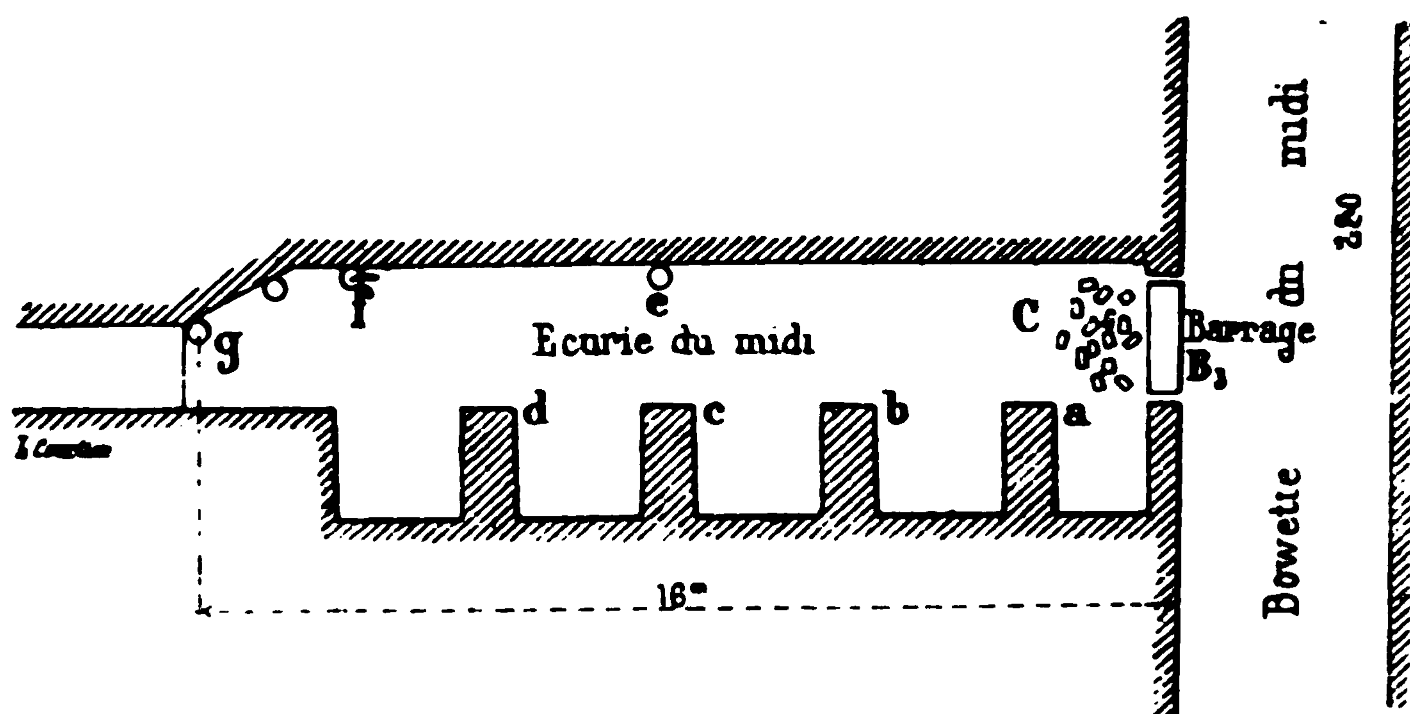


Fig. 14. — Barrage B_3 tombé en C. — Sur les parois *a*, *b*, *c* et *d* des stalles, ainsi que sur les bois *e* et *g*, se trouvaient des dépôts de mortier contenant des morceaux de briques. Dans le bois *f* était fiché un petit morceau de brique, face au barrage.

poussières de charbon partiellement distillées s'accumulèrent à l'accrochage de 280.

Constatations à 326. — Il fut constaté à 326 que, dans la voie de fond de Cécile Ouest, au pied du mon-

tage du feu, l'explosion était venue de la bowette, comme le prouvaient des projections de la porte P (*fig.* 15) et d'une berline ; que le montage du feu était resté absolument intact, avec des croûtes de coke orientées vers le sommet ; que les deux estoupées E_1 et E_2 n'avaient pas souffert ; enfin que les retours de Cécile vers le n° 4 étaient restés absolument indemnes, sans aucune trace du passage d'une explosion ; les portes régulatrices qui s'y trouvaient étaient restées fermées, bien qu'elles s'ouvrissent vers le n° 4.

Dans la bowette 326, au point situé au-dessous de la parallèle à la voie de fond de Cécile, le toit de la bowette était crevé, et une large communication existait avec la parallèle. Il fut constaté, d'après l'aspect des bois de Cécile restés blancs et sans dépôt de poussières, que l'explosion n'était pas passée par là. Il est probable que cette communication entre la bowette et la parallèle de Cécile s'est faite ou rouverte par un éboulement postérieur à la catastrophe.

Cette série de constatations, effectuées à 280 et à 326 sur toutes les communications connues de la veine Cécile avec le reste des travaux, établissait que l'explosion elle-même n'était pas sortie de Cécile à 280 ni à 326. Quant aux gaz distillés par le feu, ceux qui s'étaient échappés à 280 avaient dû se rendre directement au goyot par le bure 280-231, puisque les courants d'air de la bowette Nord, du bure d'accrochage et de la bowette Sud les y ramenaient tous ; ceux qui avaient pu sortir le long de la voie de fond de 326 et du retour vers le n° 4 avaient été entraînés vers ce dernier puits et ne pouvaient rendre compte de l'explosion, puisqu'elle avait pénétré dans la voie de fond de Cécile en venant de la bowette, et qu'aucun dégât ne se remarquait dans le retour jusqu'au puits 4 ; enfin les gaz, qui auraient pu sortir par la communication entre la parallèle de Cécile et la bowette 326,

n'auraient pu s'allumer que plus au Sud où les entraînait le courant d'air; or toutes les constatations d'effets dynamiques faites dans la bowette plus au Nord ont démontré que l'explosion était arrivée en venant du Nord vers la parallèle de Cécile.

Constatations entre les barrages. — Quand, le 21 juillet,

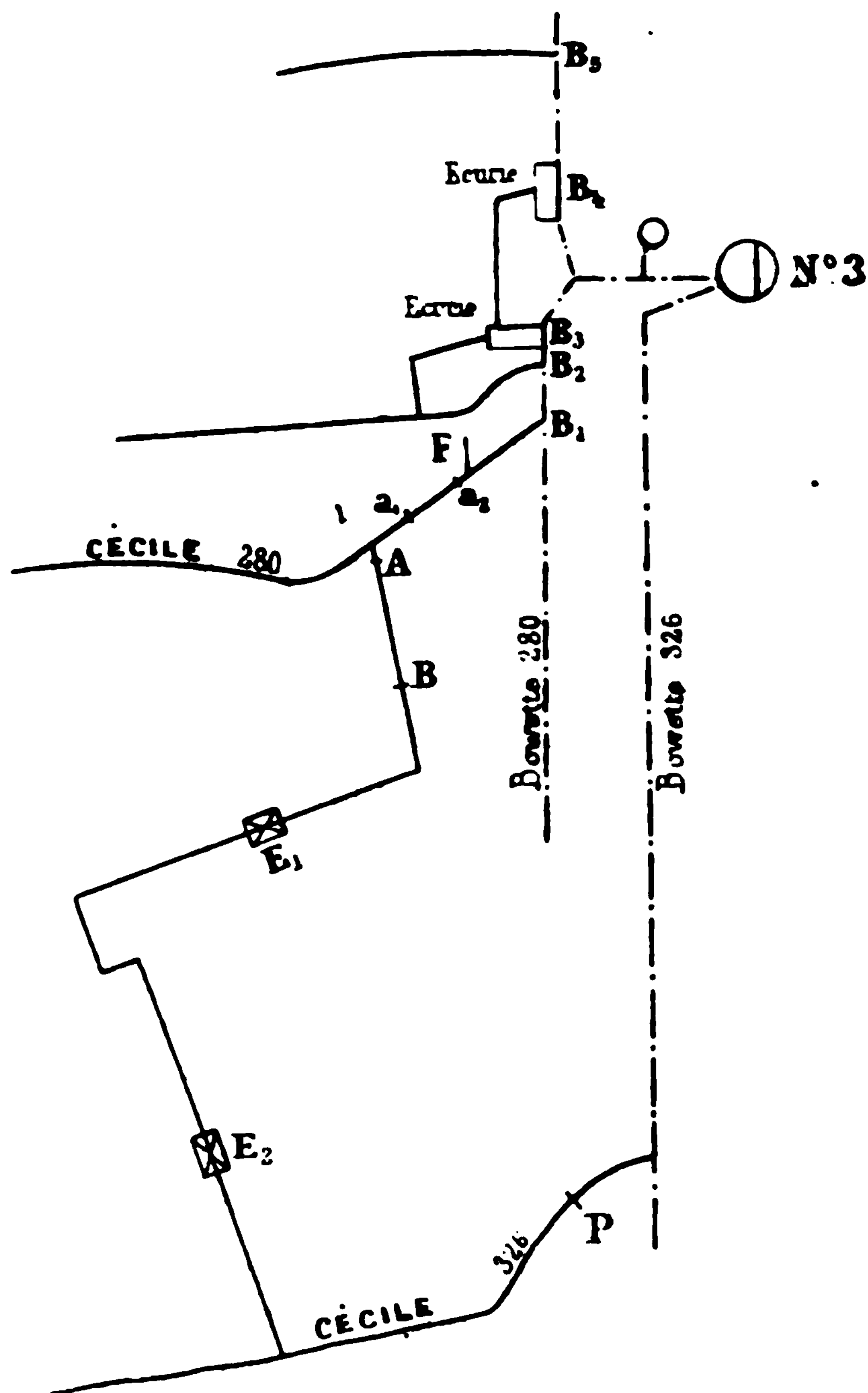


FIG. 15.

on pénétra entre les barrages, on constata que le montage était éboulé de A en B (*fig.* 15), sur une longueur

de 23 mètres. A hauteur du milieu de l'éboulement, la veine se montrait sur une des parois, avec section maxima de $0^m,30$, sans présenter trace de cokéfication; la tête de l'éboulement se trouvait à 4 mètres du croisement du montage et de la voie de fond, c'est-à-dire à 2 ou 3 mètres au plus de l'origine du feu, d'après les témoignages de ceux qui l'ont vu dès le début. Au-dessus de la partie éboulée de A en a_1, sur 9 mètres, les bois étaient brûlés à leur partie supérieure. Cette carbonisation était très irrégulière; quelques bois étaient même indemnes. Plus loin se remarquait jusqu'en a_2 un dépôt de goudron sur les parois de la voie de fond. De a_2 jusqu'au barrage B_1, la voie de fond était absolument intacte, bien que les bois y fussent à l'état de pourriture sèche. Dans la paroi Nord de la galerie a été remarquée une fissure importante F, qui doit la relier à la voie bouchée par le barrage B_2, et qui a pu servir de passage pour les fumées vers les écuries.

Au-dessous de l'éboulement qui finissait en B, on n'a trouvé que quelques bois partiellement carbonisés. Le pied du montage et la voie de l'estoupée E_1 étaient intacts, ainsi que cette estoupée.

Des constatations qui précèdent, il résulte premièrement qu'il ne s'est pas produit d'explosion entre les barrages, comme le prouve l'état des voies en dessus et en dessous du feu, et deuxièmement que l'incendie de Cécile a été seulement un feu de boisage de peu d'étendue favorisé par la pourriture des bois. Le volume du bois consumé a été évalué; il n'a pu dépasser 6 à 7 mètres cubes; d'après des expériences faites depuis, il aurait alors dégagé par sa distillation un volume maximum de 340 mètres cubes de gaz contenant 60 p. 100 de gaz inflammables : oxyde de carbone, hydrogène et hydrocarbures (*).

(*) Ce chiffre de 340 mètres cubes de gaz correspond au cas où il n'y

Expériences pour rechercher les fissures possibles du terrain. — Dès qu'il fut constaté que l'explosion n'avait pu être produite par des gaz sortis de l'incendie de Cécile, en empruntant les issues connues à 280 ou 326, il fut décidé de rechercher s'il n'existait pas dans le terrain des fissures inconnues de veine à veine permettant à ces gaz de déboucher dans d'autres galeries. Il parut possible que de telles cassures se fussent produites, par exemple à la limite du stot de protection du puits, ou bien aussi le long d'un plan vertical passant par les voies de fond de Cécile 280, de Sainte-Barbe 303 et de Joséphine 326. Ces deux dernières voies sont bordées au Nord par les dépilages, qui ont produit un vide total de 4 mètres et une descente de terrains correspondante, tandis qu'au Sud le massif de charbon est encore vierge, et le terrain est resté en place. Il y avait là une ligne de cassure tout indiquée, passant précisément par la voie de fond de Cécile 280 où montaient et s'accumulaient derrière le barrage B_1 les gaz du feu.

Que ces fissures pussent exister, cela paraissait donc fort possible. Il semblait, par contre, plus difficile à admettre que les gaz de l'incendie s'y fussent engagés, pour les raisons suivantes : 1° jusqu'au 10 mars, les gaz avaient une issue par les fuites des barrages de 280 ; 2° rien ne les attirait aux étages inférieurs, entrées d'air, où régnait une pression très voisine de la pression atmosphérique, tandis qu'à 280, étage de retour, existait une dépression marquée ; 3° en l'absence d'un appel par dépression vers les étages inférieurs, leur poids spécifique peu élevé devait retenir les gaz dans les galeries ou les vieux travaux de 280 ; 4° il ne s'est pas produit d'explosion sur l'incendie

aurait pas eu combustion, mais seulement distillation des gaz, ce qui est peu vraisemblable, l'air pouvant arriver assez facilement, vu la nature des barrages. En réalité, le volume des gaz inflammables a donc dû être moindre.

lui-même entre les barrages; il n'est donc pas admissible que des gaz accumulés aient été chassés violemment, à un moment donné, à travers des fissures dans lesquelles ils ne se seraient pas engagés d'eux-mêmes; 5° si les gaz étaient descendus par les fissures, ils auraient rencontré d'abord la veine Sainte-Barbe à 303, dont le courant d'air les aurait entraînés vers le n° 4 sans les laisser descendre plus bas jusqu'à Joséphine 326. Or Sainte-Barbe est restée là intacte, tandis que Joséphine a beaucoup souffert.

Au Nord de la vieille voie remblayée de Cécile, où fut construit le barrage B_5, la veine n'a pas été exploitée sur une zone de 200 mètres de largeur, en raison des resserrements et des accidents qui l'affectent. De ce côté aucune voie, aucun vide ne permettait aux gaz de s'échapper.

Si les gaz distillés se sont dégagés aux étages inférieurs par des fissures, ces fissures ont dû avoir un débit régulier, puisqu'il ne s'est pas produit de chasse par suite d'une explosion intérieure. Ce débit n'a pu être que très faible : 340 mètres cubes de gaz combustibles, dégagés en près de trois jours et demi, donnent un débit de 100 mètres cubes par jour ou de $1^{lit},1$ par seconde. Les galeries sont parcourues par des courants d'air par d'un débit qui est à celui-là dans un rapport de 500 au moins et généralement de plusieurs milliers. Les gaz émis par des fissures auraient été dilués de telle façon qu'ils n'auraient pu former un mélange explosif. D'ailleurs la plus grande quantité des gaz distillés a dû se dégager à 280.

Malgré ces objections très fortes contre le rôle possible des fissures du terrain, des expériences furent faites pour les mettre en évidence, si elles existaient, en les faisant suivre par un gaz à odeur forte, l'acide sulfureux, dont on pourrait reconnaître les moindres fuites. A deux reprises, après que les barrages de 280 eurent été refaits, de l'acide sulfureux fut insufflé par le barrage B_1; la première fois, on fit passer dans l'espace compris entre les barrages

de 280 et les estoupées un volume de 1.500 mètres cubes d'air à 1,33 p. 100 d'acide sulfureux; la seconde fois, on insuffla 3.250 mètres cubes à 2,8 p. 100 d'acide sulfureux entre le barrage B_1 et le haut du montage du feu, qui avait été barré de manière à concentrer sous pression l'air sulfureux dans la voie supérieure de Cécile où s'étaient accumulés, eux aussi, les gaz de l'incendie. Aucune des deux fois il ne fut possible de déceler la moindre fuite de gaz sulfureux dans les voies de 303 ou de 326.

Conclusions. — Les constatations faites dans les bowettes et à l'accrochage de 280 ont prouvé que, malgré le dégagement abondant des gaz de l'incendie à cet étage par-dessus les barrages et par leurs fuites, il n'y a pas eu d'explosion originelle à ce niveau.

Les constatations faites dans la voie de fond et les retours de Cécile à 326 ont démontré qu'une explosion n'a pas pris naissance là non plus, bien qu'il soit à peu près certain que les gaz de l'incendie auraient pu trouver de ce côté une issue.

L'examen de la région même du feu a fait voir qu'aucune explosion ne s'y est produite, allumée sur le foyer par un remous des gaz distillés.

Il a été constaté que l'incendie a été simplement un feu de bois qui s'est peu étendu, bien qu'une légère arrivée d'air pût continuer à se faire par 326. Le volume des gaz distillés n'a pu dépasser 340 mètres cubes ; leur débit moyen n'a donc été que de 1 litre environ par seconde.

Un volume de 1.500 mètres cubes d'air sulfureux n'a pas suffi à remplir suffisamment les vides que lui offrait la veine Cécile entre 326 et 280 pour se dégager soit dans la voie de fond de 326, soit par tout autre chemin.

Un volume de 3.250 mètres cubes d'air sulfureux, dix fois supérieur au volume des gaz distillés par l'incendie, concentré dans la voie de fond de 280, n'a pas trouvé

de chemin qui lui permette de sortir de la veine Cécile.

Nous concluons donc que, si des fissures existent de veine à veine, les gaz distillés ne s'y sont pas engagés, les anciens travaux et galerie de Cécile offrant une capacité plus que suffisante pour les loger, et que d'ailleurs les fuites de gaz par de telles fissures auraient été tout à fait insignifiantes, comparées au volume d'air pur qui les aurait diluées en proportion infinitésimale et rendues inoffensives.

Les gaz du feu semblent donc n'avoir pu jouer aucun rôle dans la catastrophe; pour les amener en une région qui puisse avoir été l'origine de l'explosion, Marie Nord 326 ou bien les voies Lecœuvre, il faudrait supposer qu'ils ont remonté des courants d'air importants, ou qu'ils ont cheminé par des fissures entre vieux travaux ou entre galeries sur un parcours de 500 à 800 mètres, en quantité suffisante pour former, en fin de course, un mélange explosif, hypothèse que ce qui vient d'être dit sur le volume total de gaz dégagés et sur leur débit rend tout à fait invraisemblable.

Aussi le Conseil général des Mines a-t-il conclu (*) qu' « il ressortait de toutes les constatations faites, comme des expériences auxquelles il a été procédé, que la cause de l'accident ne saurait être cherchée dans l'incendie de la veine Cécile ».

3° Inflammation de poussières due à un coup de mine à front de la voie Lecœuvre. — Cette hypothèse s'appuie sur la découverte, dont nous avons déjà parlé, d'un coup de mine à front de la voie Lecœuvre. C'était un trou de 50 centimètres de longueur et de 10 centimètres de diamètre environ (Pl. II et *fig*. 16), placé à $1^{m},60$ de hauteur et orienté vers la paroi Sud, dont son prolongement

(*) Annexe B.

vient rencontrer le pied à 10^{m},50 du front. La longueur assez grande de ce culot, la présence d'un tas de charbon



Fig. 16.

placé au-dessous, qui débordait sur le corps allongé dans la sous-cave, enfin la coïncidence de l'emplacement de la

quatrième buse mise en pièces avec le point où le prolongement même du coup de mine rencontre le sol, ont fait penser que ce coup de mine était exactement contemporain de la catastrophe et en avait été la cause initiale. Il fallait d'abord, pour éclaircir ce point, rechercher les explosifs distribués le matin du 10. D'après le carnet de distribution, sept cartouches de Favier n° 1 avaient été reçues le 10 par les Lecœuvre. Elles furent toutes retrouvées intactes dans une boîte de fer-blanc placée près de la recoupe et fortement cabossée. Restait à voir si le coup n'était pas chargé avec des explosifs de la veille. Comme la présence de trois ouvriers à front contredisait absolument l'hypothèse d'un coup tiré et parti dans des conditions normales, il fallait imaginer des circonstances particulières. On pouvait supposer avec assez de vraisemblance que le coup chargé la veille et tiré vers la fin du poste avait raté ; les Lecœuvre auraient dû en prévenir le porion, qui ne les aurait laissés descendre que vingt-quatre heures après, au poste de l'après-midi ; mais, pour éviter de travailler l'après-midi, un samedi, les Lecœuvre avaient pu garder le silence sur le raté, revenir à l'heure normale au chantier, trouver le charbon prêt à tomber facilement par l'effet de la sous-cave, et commencer à l'abattre au pic sans forer un nouveau trou de mine comme ils l'auraient fait en charbon dur. Ayant donc abattu le charbon jusqu'au voisinage de la capsule, un coup de pic aurait atteint celle-ci et le coup raté serait parti. Cette hypothèse s'accorde bien avec la position des corps encore à front, avec les coups de pic remarqués sur la paroi gauche près du culot et avec la présence d'une quantité réduite de charbon au pied du front. Elle se heurte cependant à des objections graves. D'abord la position des deux corps à front, dont les jambes étaient étendues sur le tas même de charbon, indique que ce tas était formé avant l'explosion. D'autre part, les coups de

analogues à celles des 89 morceaux fournis par la quatrième buse de la voie Lecœuvre.



FIG. 17.

On peut imaginer que les Lecœuvre possédaient le 10 mars une réserve de cartouches, en dehors des sept qu'ils avaient reçues le matin et qui sont restées intactes; que l'un d'eux, celui dont le corps a été retrouvé déchiqueté à 20 mètres du front, s'occupait par exemple à amorcer ces cartouches à hauteur de la quatrième buse ou assis sur elle et que, par suite d'un accident quelconque, l'amorce détona et avec elle les cartouches, réduisant la buse en miettes, projetant le corps de l'homme à 10 mètres de là et allumant les poussières de la voie.

C'est une pure hypothèse, qui n'a pour objet que d'expliquer le déchirement de la quatrième buse; mais elle ne peut rendre compte du déchirement de la quator-

zième buse, réduite elle aussi en 11 morceaux, ni de l'éclatement particulier de toute la colonne des buses qui ont été ouvertes du dedans au dehors, alors que, dans la parallèle de la voie Lecœuvre, elles ont été nettement aplaties.

On peut supposer aussi qu'un paquet de cartouches avait été mis en réserve par les Lecœuvre et caché dans la quatrième buse à l'époque où celle-ci se trouvait la première, et qu'elles ont détoné, au moment de l'explosion, par suite d'un choc, en émiettant la buse qui les contenait et en ouvrant les buses suivantes, grâce à l'onde explosive qui s'est propagée à l'intérieur de la colonne; il se serait produit un ventre à hauteur de la quatorzième buse. Pour qu'un choc capable de faire détoner des cartouches dans la buse ait pu se produire dans la voie Lecœuvre, il faut admettre une explosion principale ayant son origine ailleurs et se faisant sentir à front de la voie Lecœuvre. Il faut admettre aussi, hypothèse plus particulière, que l'une des cartouches laissées en réserve dans la quatrième buse était amorcée, ce qui aurait constitué une imprudence très grave. Sans amorce de fulminate, les explosifs Favier, à base de naphtaline, ne peuvent détoner; or ils étaient les seuls explosifs en usage dans les fosses de Courrières, à l'exclusion absolue des explosifs à base de nitro-glycérine.

On voit à quelles objections se heurte l'hypothèse du paquet de cartouches, qui paraît cependant très commode et qui serait, comme nous le verrons en épuisant la série des hypothèses, la seule vraiment bonne pour expliquer l'éclatement de la quatrième buse.

A défaut de cartouches, on pourrait supposer que des détonateurs ont éclaté dans la buse. L'ouvrier chargé d'apporter les détonateurs aux Lecœuvre a été retrouvé dans un tout autre quartier, celui de Sainte-Barbe Sud-Est, à plus de 1.000 mètres de la voie Lecœuvre; il est

impossible de savoir s'il avait déjà passé chez les Lecœuvre pour leur remettre les trois détonateurs demandés par eux le 10 au matin. Il n'a été retrouvé dans cette voie aucun détonateur, ni aucun débris de cuivre. Il y a donc doute si des détonateurs s'y trouvaient au moment de l'explosion. D'ailleurs les effets des détonateurs sur une buse ont été étudiés, eux aussi, par M. Stassart à Frameries et trouvés tout à fait insignifiants : ils ne font qu'un trou sans déchirer la buse en morceaux.

5° **Explosion de grisou dégagé au front de la voie Lecœuvre, ou de sa parallèle, prolongée par une inflammation de poussières.** — C'est seulement l'insuffisance des deux hypothèses précédentes, incapables d'expliquer d'une façon bien satisfaisante les phénomènes observés à la voie Lecœuvre, qui a conduit à imaginer un dégagement de grisou à front : cette supposition toute gratuite est d'ailleurs plus acceptable là qu'ailleurs, en raison de la disposition des lieux, et elle permet de rendre compte de bien des détails très particuliers de l'explosion.

Le grisou n'a jamais été constaté à la voie Lecœuvre ni à sa parallèle. Le porion contrôleur Pélabon inspectait dans la nuit du dimanche au lundi les quartiers où l'on se servait de lampes de sûreté et quelques autres voies en ferme, notamment la voie Lecœuvre. L'examen était fait à la lampe Chesneau. Pélabon n'a jamais remarqué aucune trace de gaz, comme il est indiqué sur le registre spécial. Le 4 mars, dimanche qui précéda la catastrophe, la visite réglementaire a été faite non par Pélabon, mais par l'autre porion contrôleur, mort le 10 mars ; il n'a pas mentionné sur le registre le résultat de sa visite.

Les voies Lecœuvre seraient particulièrement bien placées pour être le lieu de la première découverte du grisou à la fosse. Elles s'avancent en ferme dans un massif vierge et le long de la faille Connétable. Or la

faille Gassion de Lens, qui s'avance dans les travaux du n° 5 de Courrières, et qui semble le prolongement de la faille Connétable, a donné lieu au n° 5 à des dégagements de grisou. Ils s'y sont produits dans Marie 260 en 1887, dans Marie 228 en 1888, dans Cécile 228 en 1892, dans Joséphine 260 en 1902, enfin dans la bowette Nord 324 en 1903. Le dégagement dans Cécile en 1892 est particulièrement curieux ; il se produisit à front dans une longue voie en descenderie, formant cul-de-sac, qui longeait la faille Gassion ; sans qu'on ait été averti par aucun indice, de faibles inflammations de grisou s'y produisirent à trois reprises en quelques jours. Ce n'est qu'après la troisième flambée qu'il en fut donné connaissance aux ingénieurs. Le chantier, visité aussitôt à la lampe, ne décela plus aucune trace de grisou et on n'en a jamais retrouvé depuis.

La parallèle de la voie Lecœuvre, où la faille est visible, semble bien désignée pour un dégagement. Le grisou aurait pu s'y accumuler le 9 et le 10 au matin, sans s'y enflammer, puisque personne n'y travaillait, et être entraîné par le courant d'air dans la voie Lecœuvre elle-même ; il pouvait y séjourner au toit, où les couches étaient plus ou moins stagnantes, en raison de la position des buses sur le sol. Une des lampes des Lecœuvre, celle qui a été retrouvée à 20 mètres du front, aurait produit l'inflammation et l'explosion.

Les avancements de la voie Lecœuvre et de sa parallèle ont été repris aussitôt que leur déblaiement a été terminé. Des expériences à la lampe Chesneau et des prises de gaz y ont été faites journellement sans que l'on ait trouvé trace de grisou.

Faut-il, de ces résultats négatifs, conclure qu'il n'a pas pu y avoir un dégagement temporaire ayant complètement disparu depuis l'origine des recherches ? Il ne semble pas qu'une conclusion aussi absolue soit possible. Le chan-

tier n'a été visité et examiné à la lampe, après la catastrophe, que le 22 mai, c'est-à-dire que pendant soixante-dix jours du gaz a pu se dégager sans témoins. Des apparitions inopinées et temporaires de gaz dans des chantiers où on n'en avait jamais remarqué auparavant et où on n'en retrouve plus trace par la suite ne sont pas sans exemple. Un des exemples les plus frappants se trouve être celui des dégagements de Cécile au n° 5 le long de la même faille Gassion-Connétable, que nous avons rappelés plus haut.

Il nous reste à examiner si l'hypothèse d'un dégagement de grisou à la parallèle peut expliquer de façon satisfaisante les effets dynamiques et calorifiques des voies Lecœuvre. Le grisou se serait dégagé à la parallèle pendant la journée du 9 et la nuit du 9 au 10 ; il aurait gagné, petit à petit, par la recoupe, le toit de la voie Lecœuvre ; à un moment donné il se serait enflammé sur la lampe qui a été retrouvée à 20 mètres du front. L'explosion aurait gagné la recoupe et la parallèle en remontant vers la source de grisou et vers l'arrivée d'air frais en même temps. Elle devait donc prendre une force particulière dans la parallèle plutôt que dans la voie Lecœuvre elle-même ; cela concorde bien avec les effets observés, notamment avec la projection violente vers le Sud de la poulie du treuil, qui aurait peu bougé ou aurait plutôt été déplacée dans l'autre sens, si l'explosion principale était venue par la voie Lecœuvre et non par sa parallèle.

La combustion s'étant faite à la fois aux fronts de la voie Lecœuvre et de sa parallèle, il n'est plus étonnant de trouver de la mousse de coke sur les parois jusqu'au fond de ces deux culs-de-sac.

Les effets de déchirement des buses peuvent-ils bien s'expliquer par une explosion de grisou ? La quatrième et la quatorzième buses ont été réduites en pièces, et ces pièces ont été dispersées vers l'arrière ; les autres buses

ont été ouvertes du dedans au dehors. A priori, une explosion de gaz se produisant dans la galerie aurait dû plutôt aplatir les buses que les faire éclater. Il faut supposer qu'au moment de l'explosion une certaine quantité de grisou avait déjà pu s'introduire dans la colonne de buses, sans s'être allumé, et y formait par places un mélange explosif auquel l'inflammation se serait propagée. Cela n'est pas impossible à admettre; les filets gazeux descendant du toit pour entrer dans les buses, dont l'orifice était à 5 mètres du front, pouvaient éviter les lampes des mineurs placées à front.

En admettant qu'une explosion de grisou se soit produite dans le tube, peut-elle rendre compte de la mise en pièces des buses? Une explosion de grisou ne développe que des pressions peu considérables. Les expériences exécutées en 1903 et 1905 dans la galerie d'essais de Gelsenkirchen-Bismarck ont montré que les pressions les plus hautes, enregistrées pour des explosions de grisou produites dans un récipient compartimenté avec d'étroits canaux de communication, n'ont pas dépassé 14 à 16 atmosphères. En réalité, le maximum enregistré a dû être supérieur à la pression réelle. Admettons cependant ce maximum de 15 kilogrammes : pour des buses ayant $0^{m},35$ de diamètre et $2^{mm},5$ d'épaisseur, comme la quatrième, qui a été réduite en morceaux, l'effort brisant n'aurait été que de $10^{kg},5$ par millimètre carré, ce qui n'amènerait pas la déchirure à l'état statique (*). Mais il s'en faut que les conditions de l'explosion dans les buses aient été normales. Le mélange détonant de la buse a explosé sous une compression déjà forte produite par l'explosion du gaz dans la galerie; cette compression préalable a pu multiplier la pression ordinaire d'explosion et la rendre

(*) La tôle provient des Usines de Denain et Anzin. Sa résistance est de 40 à 45 kilogrammes à l'état brut et baisse de quelques kilogrammes après galvanisation et cintrage à l'atelier de construction.

assez forte pour déchirer la tôle et vaincre la contre-pression extérieure.

En définitive, si l'hypothèse du dégagement de grisou est commode pour expliquer le cheminement de l'explosion par la parallèle et aussi l'éclatement de la colonne de buses, elle se heurte à de fortes objections qui sont : l'absence absolue de grisou avant et après la catastrophe, la difficulté assez grande pour le gaz à s'introduire dans des buses sans s'allumer sur les lampes, enfin la disproportion des effets dynamiques sur la colonne de buses avec ceux des explosions de grisou dans des conditions normales.

6° Inflammation de poussières provoquée dans la région de Marie 326 au n° 3 par une cause inconnue et accompagnée d'une explosion secondaire dans la voie Lecœuvre. — Aucune cause d'explosion originelle dans la voie Lecœuvre ne pouvant être adoptée sans réserves, on a pu supposer qu'il ne s'était produit là qu'une explosion secondaire ; mais où placer alors l'explosion primaire ? Seule la région de Marie 326 au n° 3 a pu en voir l'origine. Là les effets dynamiques sont, nous l'avons vu, tout à fait contradictoires ; partout ailleurs ils présentent un sens à peu près continu, et divergent à partir de cette région douteuse. Quant à la cause de l'explosion qui aurait pu se produire dans cette région, elle demeure tout à fait obscure. Les chantiers suspects *a priori*, ceux où l'on faisait usage d'explosifs, y ont été visités et trouvés en bon ordre. Il n'y a pas été relevé trace de gaz explosif, ni avant ni après la catastrophe ; les gaz de l'incendie n'ont pu y parvenir en quantité appréciable pour les raisons dites plus haut. En aucun point il n'a été constaté d'effets dynamiques ou calorifiques spéciaux qui aient permis de supposer qu'un phénomène particulier s'y soit produit, ni de détails qui aient attiré particulièrement l'attention.

Admettons cependant que quelque part dans Marie une

explosion se soit produite, qui ait déterminé une explosion de poussières ; l'inflammation se serait donc propagée par Joséphine 340 à l'Est vers le n° 2, par la bowette 326 au Sud vers le puits n° 3 et le n° 4, par la bowette 326 au Nord vers la voie Lecœuvre. Dans celle-ci une explosion secondaire très violente se serait produite, dont les effets auraient en beaucoup de points, et notamment dans la voie Lecœuvre et son treuil, détruit ou simplement contredit ceux de l'explosion primaire.

Cette explosion secondaire très violente ne peut être expliquée, si l'on ne veut pas retomber sur les hypothèses précédentes, grisou ou explosifs, que de deux manières : d'abord en supposant que des gaz explosifs produits par l'explosion primaire soient venus s'allumer dans la voie Lecœuvre ; puis en faisant appel aux poussières, spécialement fines et abondantes dans la voie Lecœuvre, qui auraient explosé avec une violence particulière sous la compression préalable produite par l'explosion primaire.

Il est certain, comme nous le verrons plus loin, que la distillation et la combustion incomplète des poussières produisent des gaz combustibles; il est donc admissible qu'une inflammation de poussières déterminée par l'explosion initiale ait été accompagnée d'un dégagement de ces gaz se répandant dans la mine. On peut imaginer alors qu'une partie de ces gaz a pénétré dans les treuils et les voies Lecœuvre et a gagné les fronts, en s'introduisant notamment dans les buses par leur extrémité opposée aux fronts. Il y aurait donc eu, comme dans l'hypothèse du grisou, à la fois une explosion générale dans la galerie et une explosion plus forte dans les buses. Cette conception soulève au moins une objection. Si ces gaz explosifs ont été introduits dans la voie Lecœuvre par la chasse d'air due à une explosion extérieure et s'ils ont pu venir s'allumer aux lampes qui se trouvaient à front, il faut qu'ils aient obéi à une pression tout à fait énorme pour

avoir pu gagner le voisinage immédiat des fronts en réduisant à un volume presque nul l'air qui occupait primitivement le cul-de-sac. Il ne semble pas qu'une pression aussi considérable ait pu se développer dans un cul-de-sac. On peut avoir une idée de la compression maxima par l'exemple d'un cul-de-sac, tout voisin du treuil Lecœuvre sur la montée de Joséphine. Ce cul-de-sac, de 30 mètres de longueur, présentait, comme nous l'avons dit plus haut, des croûtes de coke jusqu'à 5 ou 6 mètres du fond; le fond était parfaitement intact et de couleur claire; il était visible que la flamme ne s'y était pas engagée. La compression a donc réduit l'air de ce cul-de-sac à 1/6 environ de son volume primitif. Dans le grand cul-de-sac de la voie Lecœuvre, qui a plus de 200 mètres de long, les fronts auraient donc été protégés par un tampon de plusieurs dizaines de mètres (*).

Il se peut d'autre part que les poussières de la voie Lecœuvre aient été allumées par l'explosion primaire dans des conditions spéciales, dues à une compression préalable plus forte que dans d'autres culs-de-sac, et aient produit une véritable explosion, de force considérable (**). Sur la possibilité d'une telle explosion dans un cul-de-sac peu aéré, les hypothèses sont toutes gratuites, et seules des expériences pourront fournir des données certaines. En l'admettant même, il resterait à expliquer l'éclatement des buses et la propagation spéciale de l'explosion, qui s'est faite plutôt par la parallèle que par la voie Lecœuvre, alors que dans la parallèle il n'y avait pas de roulage et que,

(*) La pénétration de l'explosion dans un cul-de-sac, marquée par la limite des croûtes de coke, ne donne qu'une idée approximative de la compression qui s'y est produite, car il est probable qu'une partie de l'air qui s'y trouvait y a servi à la combustion des poussières.

(**) La pénétration de l'explosion aux 5/6 de la profondeur d'un cul-de-sac, vérifiée dans le cul-de-sac voisin de la voie Lecœuvre, est tout à fait particulière ; dans toutes les autres régions de la mine, la pénétration observée d'après les croûtes de coke n'a atteint que la moitié de la profondeur des culs-de-sac.

par conséquent les poussières y étaient peu abondantes.

Il faut, pour finir, comparer à un dernier point de vue les deux termes de cette alternative : explosion primaire ou explosion secondaire, en examinant lequel s'accorde le mieux avec la marche générale de l'explosion dans le reste des travaux du n° 3.

Une explosion primaire produite à front de la voie Lecœuvre arrive par le treuil et sa parallèle à la montée de Joséphine. L'explosion a dû déjà perdre beaucoup de sa violence, car le pied du treuil et celui de sa parallèle sont restés à peu près intacts entre la montée et leur première recoupe, de même que la montée de Joséphine. Dans la montée l'explosion s'étend à droite et à gauche (*fig.* 11, p. 392); à droite, elle arrive au trou de communication *a* avec la bowette, rencontre dans celle-ci un courant d'air frais assez fort, et les gaz de la distillation et de la combustion des poussières peuvent former là un mélange détonant. Une nouvelle explosion se serait alors produite, dont les effets se remarquent dans la bowette, mais non dans la voie de fond, qui est inclinée sur la bowette à angle très aigu en sens inverse. La bowette étant fort humide au Sud de Joséphine, où elle forme un bas-fond, la flamme s'arrête vite. L'explosion qui s'est détendue dans la bowette vers le Sud, à partir de Joséphine, a donc été assez limitée.

Dans la montée de Joséphine, l'explosion trouve en face d'elle le châssis de communication *h* avec la bowette; il est étroit et sans courant d'air, et offre d'ailleurs, au bout de quelques mètres, une dérivation plus large qui remonte vers les travaux du bure Ballon; l'explosion n'y pénètre donc pas assez loin pour toucher la porte d'aérage; celle-ci est donc défoncée seulement par le coup venu de la bowette.

A gauche, dans la montée de Joséphine, la chasse gazeuse arrive jusqu'au pied du montage, qui amène un

courant de 1^{m3},500 par seconde. Les gaz explosifs ont pu former là un nouveau mélange détonant dont l'explosion a tué sur place tous les ouvriers des tailles voisines; la flamme ravivée s'engage vers l'Est dans la montée jusqu'aux grands travaux de Joséphine, limitrophes du n° 2. Elle arrive ainsi jusqu'à la voie de fond de Joséphine, au bout du recoupage de Marie, et s'étend d'une part vers le n° 2, d'autre part vers la bowette 326 en suivant Marie. Arrivée à la bowette, l'explosion s'y détend dans les deux sens, en produisant les effets dynamiques divergents que l'on y remarque, au Nord et au Sud de Marie.

Ainsi peuvent s'expliquer, par une explosion primaire dans la voie Lecœuvre, les constatations contradictoires faites au n° 3 dans la région située au Nord de Marie et dans Marie. Il faut donc supposer que l'explosion s'est propagée d'une façon tout à fait particulière, puisque au lieu de gagner le puits n° 3 par la voie directe que lui offrait la bowette 326 Nord, elle s'est arrêtée en chemin dans cette voie humide, et n'a réussi à atteindre le n° 3 qu'en passant par le détour des voies poussiéreuses de Joséphine et de Marie.

Si l'explosion de la voie Lecœuvre a été au contraire secondaire, l'explosion principale qui l'a produite est venue de Marie par la bowette Nord 326, en y laissant des effets violents et très nets de son passage; elle pénètre dans la montée de Joséphine par le trou d'aérage et par le châssis *h* à droite, mais non par la voie de fond à gauche qui est restée intacte (*fig.* 18). Or la voie de fond s'ouvre à angle très aigu sur la bowette, et son entrée est facile, tandis que l'étroit châssis *h*, où l'explosion a passé, est à angle droit. La voie de fond n'est d'ailleurs pas un cul-de-sac où la pénétration d'une explosion puisse se faire sans violence, car elle communique, par le bure de Sainte-Barbe, tout voisin, avec les travaux de cette veine et l'étage supérieur. Comment admettre que la chasse de

gaz, qui a été assez violente pour produire une forte compression dans les culs-de-sac de la montée de Joséphine, n'ait pas causé de dégâts dans la voie de fond qui s'ouvre à elle ?

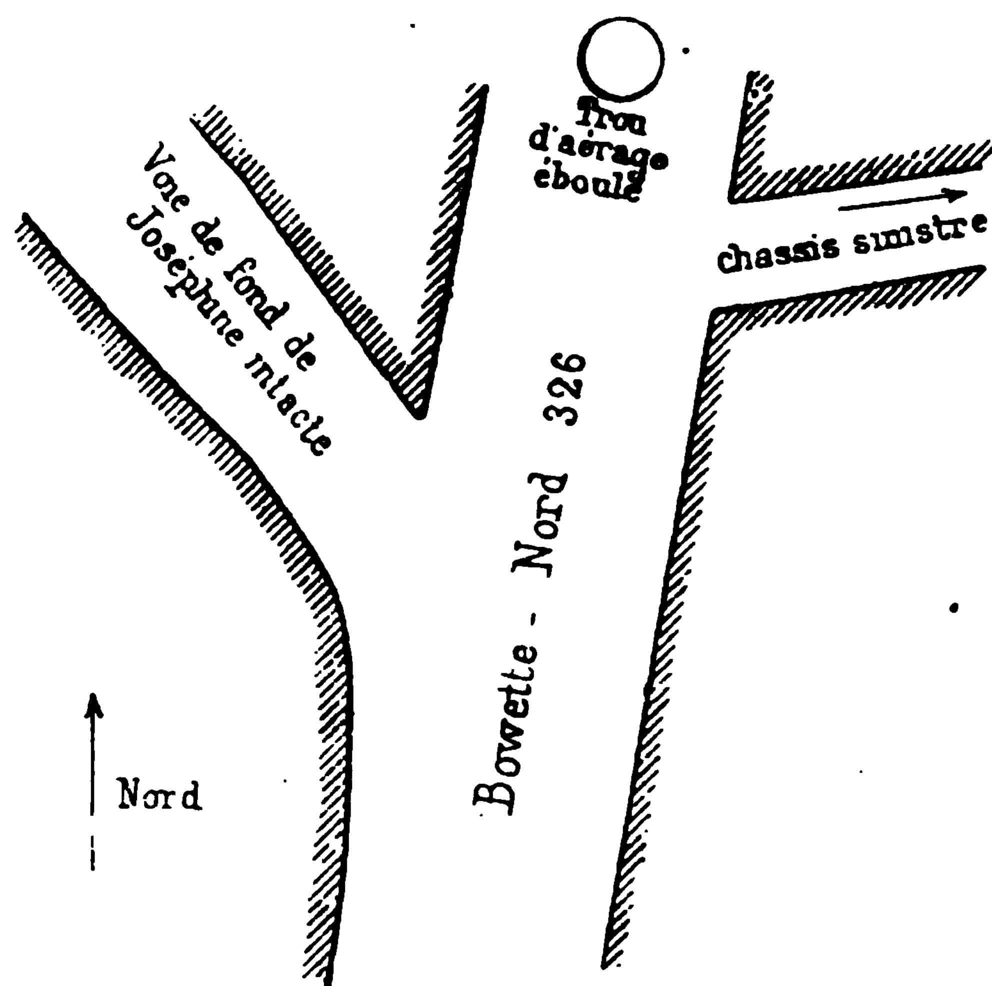


Fig. 18.

Cette grave objection s'ajoute à celles que nous avons déjà faites à l'hypothèse d'une explosion secondaire : absence de cause possible dans la région douteuse de Marie, difficulté d'admettre que des gaz explosifs aient pu arriver jusqu'au fond de la voie Lecœuvre ou qu'une explosion secondaire de poussières ait pu avoir une violence aussi considérable.

Au cours de cet examen des hypothèses qui ont pu être faites sur la cause de la catastrophe, nous avons indiqué les arguments qui les appuient, aussi bien que ceux qui les combattent et dénoncent leurs points faibles. Seules les deux premières, coup de grisou et feu de Cécile, ont été écartées définitivement; on reste donc en présence

des quatre dernières sans pouvoir choisir entre elles. Cependant on peut tirer de leur examen une conclusion certaine : c'est que, quelle que soit la cause originelle de la catastrophe, coup de mine, explosion de cartouche Favier, ou dégagement inopiné de grisou, cette cause n'a pu produire par elle-même qu'une explosion peu importante, absolument incapable, par la seule expansion des gaz qu'elle a dégagés, de ravager les travaux des trois sièges sinistrés. Il faut admettre que son action toute locale a été prolongée, répétée, et renforcée par endroits, grâce à l'inflammation des poussières répandues dans toutes les voies sinistrées. Cette conclusion indirecte est d'ailleurs appuyée par une série d'observations directes sur le rôle qu'ont pu jouer les poussières dans la catastrophe ; nous allons en rendre compte dans le chapitre suivant.

Comme le font remarquer MM. Atkinson et Henshaw dans leur communication à l'*Institution of mining Engineers* (*), ce fait reconnu, que l'explosion s'est transmise au loin par des voies sans grisou, mais poussiéreuses, est de bien plus grande importance que la découverte de la cause initiale de l'explosion. Les causes initiales possibles, explosifs, grisou, lampes, sont en nombre très limité ; l'attention a déjà été appelée sur elles maintes fois, et, si la catastrophe de Courrières ne fournit aucun nouveau fait précis pour leur étude, celle-ci n'en a pas moins été toujours à l'ordre du jour. Les poussières, au contraire, longtemps méconnues en France, apparaissent à tous, après la catastrophe de Courrières, comme l'un des plus grands dangers des mines de houille.

(*La fin à la prochaine livraison.*)

(*) *Transactions of the Institution of mining Engineers*, general meeting at Stoke-upon-Trent, 12 Nov. 1906.

BULLETIN.

EXPLOITATION DES SOUFRES DE SICILE EN 1906.

Il est intéressant de suivre les circonstances dans lesquelles se fait l'exploitation des soufres de Sicile en présence de la concurrence des soufres de la Louisiane, extraits par les ingénieux procédés Frasch, et sous le régime du Syndicat obligatoire qu'a constitué la loi du 15 juillet 1906 (*). La *Rivista del Servizio minerario nel* 1906 donne sur ces points, pour ladite année 1906, les renseignements suivants. On n'oubliera pas que le Syndicat obligatoire n'a fonctionné qu'à partir du 16 juillet 1906, succédant sans interruption au régime créé par la Société anglo-sicilienne qui était arrivée à réaliser un Syndicat réunissant les deux tiers des producteurs.

La production de 1906 a été de 471.190 tonnes de soufre brut, en diminution de 65.592 tonnes ou de 12 p. 100 sur celle de 1905; l'exportation, qui a atteint 401.627 tonnes, est en baisse de 66.117 tonnes, ou de 14 p. 100; les stocks sont estimés à 507.000 tonnes au moins, en augmentation de 78.000 tonnes ou 18 p. 100. La situation commerciale est, on le voit, franchement mauvaise. Sans doute la diminution des exportations pour la France tient à la crise viticole ; mais le marché des États-Unis qui, en 1905, avait pris encore 68.897 tonnes, n'en a plus reçu que 37.705; il est considéré désormais comme perdu. Les prix ont pu néanmoins être maintenus sensiblement, en 1906, à 92 francs la tonne en moyenne, au lieu de 93.

Dans cette situation, dont les chiffres précédents montrent la gravité, il devient nécessaire de recourir à quelque mesure pour la modifier. Il faut arriver ou à réduire l'extraction ou à trouver des débouchés.

La réduction de l'extraction devrait être appliquée au prorata : il est à craindre qu'elle atteigne plus effectivement les grosses

(*) Voir sur l'extraction du soufre en Louisiane et le Syndicat des soufres de Sicile : *Annales des mines*, t. X, 1906, p. 599.

exploitations que les petites, les premières ayant des charges d'amortissement auxquelles échappent les secondes.

On pourrait accroître les débouchés en essayant de concurrencer, par une baisse de prix appropriée pour les soufres à ce destinés, les pyrites pour la fabrication de l'acide sulfurique, dont le développement va croissant avec le développement notamment des superphosphates. Rien qu'en Italie, pour ce motif, encore qu'elle produise et consomme 112.000 tonnes de pyrite, on en a importé, en 1906, 81.521 tonnes au lieu de 33.520 en 1905.

Dans cette voie de la réduction du prix de vente d'une partie au moins de la production, la *Rivista* relève à nouveau l'exagération des redevances payées aux propriétaires du sol, lesquelles s'élèvent en moyenne à 25 p. 100 du produit brut.

L. A.

LA
CATASTROPHE DE COURRIÈRES

(10 mars 1906)

Par M. Ch.-E. HEURTEAU, Ingénieur au Corps des Mines.

(*Suite et fin*) (*).

VIII.

CONSTATATIONS RELATIVES A L'ACTION DES POUSSIÈRES.

Un rôle très important a été attribué aux poussières aussitôt que l'étendue de la catastrophe a été connue, et bien avant même que l'on ait pu commencer à douter du rôle joué par les gaz de l'incendie. Il a semblé qu'une explosion s'étendant aussi loin dans toutes les directions dépassait en envergure toutes les explosions de gaz antérieures et n'avait d'analogue que les « coups de poussières » des mines anglaises. Ces « coups de poussières » ont été dénommés tels sans qu'aucune expérience ni théorie concluantes ait démontré leur possibilité, et sans que leur mécanisme ait pu être précisé; il en a été de même à Courrières. La catastrophe a fourni seulement pour l'étude des poussières un certain nombre de faits observés dans les fosses sinistrées ; nous allons nous borner à les énumérer. Voici donc ceux qui résultent avec quelque certitude des constatations faites au fond.

1° La pénétration de l'explosion dans les différents

(*) Voir *supra*, pages 317 à 426.

quartiers qui s'ouvraient à elle a été extraordinairement irrégulière ; nous en citerons deux exemples. L'un est pris au Sud du n° 3 dans Cécile et Sainte-Barbe plateures 326 Sud-Est, qui se font suite par un recoupage. L'explosion, comme le montrent une série d'effets mécaniques, est venue du Nord par la bowette Sud 326 jusqu'à la voie de fond de Cécile 326. Au delà, dans la bowette, elle ne s'est pas étendue vers le Sud à plus de 100 mètres, puisque la voie de fond de Sainte-Barbe dressant a été absolument indemne. On pouvait s'attendre à trouver dans la voie de fond de Cécile Sud-Est une pénétration de l'explosion de longueur comparable. Or il a été constaté que l'explosion avait étendu ses ravages jusqu'aux fronts de Sainte-Barbe, à 500 mètres de la bowette, et, chose plus curieuse encore, que dans Cécile elle s'était bornée à suivre la voie de fond en épargnant sur le moment les ouvriers des descenderies qui purent tenter la fuite, que dans Sainte-Barbe un chantier situé tout près du recoupage fut indemne et ses hommes saufs, tandis que, plus avant dans la veine, tous les ouvriers moururent sur place. L'explosion s'est donc allongée dans la voie de fond de Cécile, qui servait au roulage des charbons de Sainte-Barbe, beaucoup plus qu'elle ne l'a fait dans la bowette, et elle a pris soudain une violence énorme à l'extrémité de cette voie de fond, dans Sainte-Barbe. — Le second exemple est emprunté aux veines Joséphine et Sainte-Barbe plateures Sud-Est, à 331 au n° 4 ; l'explosion, là aussi, a suivi la bowette Sud en allant vers le Sud. Elle a dépassé la voie de fond de Joséphine plateure de 150 mètres à peine, puisque la voie de fond de Sainte-Barbe renversée n'a pas été atteinte. Or, dans Joséphine plateure, elle s'est étendue à l'Ouest jusqu'aux fronts à 300 mètres de la bowette, et par là a pénétré dans Sainte-Barbe, dont le front extrême, où les ouvriers sont morts sur place, est à 800 mètres de la bowette. Pour ce second exemple, il est impossible, en

tout état de cause, de faire appel pour expliquer la recrudescence de l'explosion à une accumulation des gaz du feu de Cécile, puisque l'air arrivant du n° 3 par Joséphine et Sainte-Barbe 326-331 rencontre, dans chacune de ces veines, deux retours d'air qui l'entraînent à l'étage de 299 mètres et l'empêchent d'arriver jusqu'à la bowette 331.

2° Il a été trouvé sur les éboulements, en bien des points, notamment dans Joséphine et Sainte-Barbe plateures Sud-Ouest du n° 3, dans Joséphine plateure Sud-Ouest du n° 4, une sorte de suie douce au toucher et grasse. Dans d'autres voies, surtout dans Joséphine et Marie au n° 4, il a été constaté la présence de poussières très fines se mettant très facilement en suspension. Au dire de tous ceux qui ont vu la fosse n° 4 avant et après la catastrophe, ces poussières fines semblaient beaucoup plus abondantes après qu'avant; en temps normal, elles étaient en effet recouvertes de charbon menu; l'explosion les a soulevées et elles se sont redéposées les dernières. L'abondance de poussières plus grande après la chasse des gaz a été notée spécialement par M. Laurent lors de l'inflammation de poussières de La Machine (*);

3° L'explosion s'est étendue dans l'étage principal d'exploitation commun aux trois fosses (340-326-331), étage où avait lieu un roulage intense. Elle ne s'est pas propagée en général dans les étages de retour, et y est restée localisée aux environs immédiats des puits et beurtiats qui lui en ouvraient l'accès. Cependant exception doit être faite à cette règle pour les quartiers encore en exploitation des étages supérieurs, aux fosses 3 et 4 (Joséphine 303 au n° 3, Joséphine Nord-Est 299 au n° 4) : l'explosion s'est étendue à partir des puits jusqu'à ces quartiers par les voies de roulage des charbons qui en sortaient.

(*) *Annales des Mines*, 8e série, t. XIX.

L'explosion s'est donc cantonnée dans les voies de roulage ou leurs environs immédiats.

Notons à ce sujet la remarque faite par M. Atkinson que les dégâts matériels dans les fosses de Courrières étaient beaucoup moins considérables que ceux observés précédemment par lui dans les mines anglaises après des coups de poussières. Il attribue ce fait à ce que la poussière est beaucoup plus abondante et plus fine dans les voies de roulage anglaises, où la traction mécanique est très développée et où le charbon se déplace rapidement contre des courants d'air très forts, ce qui facilite la production et le dépôt de poussières fines.

4° Les veines les plus atteintes ont été Joséphine, Marie et Sainte-Barbe, veines larges de 1^{m},70 à 2^{m},30. Dans les veines plus étroites, Cécile, Amé, Eugénie, Adélaïde, qui mesurent 1 mètre environ d'ouverture, l'explosion a pénétré à peine.

On peut en chercher l'explication dans ce fait que le coupage du mur est peu pratiqué dans les veines larges et que, par suite, les poussières du sol doivent y contenir peu d'éléments pierreux, tandis que, dans les veines étroites où l'on coupe le mur, le charbon du sol est forcément très impur. Cette observation peut valoir pour les voies des tailles, mais non pour les voies de roulage, qui, même dans les veines larges, sont fréquemment rauchées. En fait, des prélèvements de poussières, effectués depuis la catastrophe dans les travaux remis en état des différentes fosses sinistrées, n'ont pas mis en évidence un rapport constant entre la teneur en cendres des poussières et l'ouverture de la veine. On a trouvé par endroits tout autant de cendres dans les poussières des veines larges que dans celles des veines minces. Il semble donc difficile de dire que c'est à cause d'une plus grande abondance d'éléments pierreux dans la poussière que l'explosion n'est pas entrée, en général, dans les petites veines.

Peut-être la plus ou moins grande ouverture des galeries joue-t-elle un rôle, pour rendre plus ou moins facile, plus ou moins violent, le passage d'une inflammation de poussières. Il est à remarquer, à ce sujet, que, dans une même veine, les voies les plus endommagées ont été les voies larges. Les châssis étroits où l'explosion a pénétré ont généralement peu souffert. Par exemple, le châssis de Joséphine qui forme une des communications entre le n° 3 et le n° 4, la seule par où l'explosion soit passée, est resté à peu près intact, tandis que les voies de fond qu'il relie ont eu des dégâts beaucoup plus considérables.

5° En bien des points limites de l'explosion, on a pu faire la remarque que le sol et les parois de la galerie devaient plus ou moins brusquement cesser d'être poussiéreux. Nous pouvons citer comme exemples :

A la fosse n° 2 : la bowette Nord 340, où l'explosion n'est pas arrivée jusqu'à l'accrochage, et s'est amortie dans une partie maçonnée de cette bowette très peu favorable à un dépôt abondant de poussières ; *le treuil Cousin*, où l'explosion s'est arrêtée à 400 mètres du puits, dans une partie de voie en rauchage.

A la fosse n° 3 : la bowette Sud 326, au Sud de Cécile, qui était constamment humide ainsi que les voies de fond des dressants situés plus loin au Sud : l'explosion n'a pas dépassé la voie de fond de Cécile dressant ; *la voie de Joséphine reliant le haut du bure Ballon à la montée de Joséphine*, où l'explosion s'est arrêtée très nettement sur une zone absolument pierreuse ; *la bowette Nord* 326 au Sud de Joséphine, qui présentait quelques dizaines de mètres tout particulièrement humides : l'explosion venue de la voie Lecœuvre, au Nord, ne semble pas avoir pu la traverser, car aucun effet dynamique dans ce sens ne se remarque au delà ; *la voie de fond de Cécile plateure* 326 Sud-Ouest, où l'explosion s'est arrêtée à la limite même du roulage sans pouvoir passer

une zone qui servait seulement de communication, sans roulage, avec le crochon.

A la fosse n° 4 : la bowette Sud 383, où l'explosion n'a pas franchi une partie maçonnée et récemment chaulée, de 30 mètres de long; *une voie d'Amé à* 383, au pied du bure Lefel, par où l'explosion est descendue de Marie 331 : l'explosion s'est arrêtée sur une partie de voie récemment rauchée; *le puits n°* 11 lui-même, qui, probablement en raison de son humidité, n'a pas servi de passage à l'explosion entre les niveaux 331 et 383; la cage à 383 n'était en effet nullement aplatie; elle avait glissé au contraire du Nord au Sud sous l'effort de l'explosion descendue dans la bowette Nord par deux bures voisins de l'accrochage, très poussiéreux et très secs.

Ces indications sur les circonstances qui ont arrêté l'explosion n'ont pu malheureusement être précisées et chiffrées d'une façon nette. Il a été pris des échantillons de poussières aux points limites indiqués ci-dessus : des teneurs élevées en cendres, de 58 et 59 p. 100, y ont été relevées; ceci s'accorderait bien avec un résultat obtenu récemment à Gelsenkirchen, d'après lequel des poussières contenant plus de 40 p. 100 de cendres ne seraient pas inflammables. Nous signalerons cependant que des prises faites dans les voies parcourues par l'explosion ont donné des teneurs souvent à peu près équivalentes, 53 à 54 p. 100. Il paraît donc certain que des galeries ravagées en fait par l'explosion contenaient des régions où la teneur en cendres des poussières était aussi forte qu'en d'autres galeries où l'explosion s'est arrêtée. Il est indiscutable aussi que l'explosion a traversé des parties de bowettes maçonnées sur de grandes longueurs, sans être le moins du monde arrêtée. Cependant les nombreux arrêts de l'explosion que nous avons signalés, se produisant sur des parties de voie notoirement dépourvues de poussières charbonneuses, sont trop significatifs pour

qu'on puisse les négliger, et ils doivent correspondre à des réalités qu'il faudrait définir.

Aussi bien les données qu'il s'agirait de préciser (teneur en éléments inertes qui rend les poussières inoffensives, longueur de voie non poussiéreuse qui arrête une explosion, degré d'humidité et longueur de galerie humide qui limite la flamme) dépendent essentiellement de la force de l'explosion et du volume de la flamme ; ce qu'il faut chercher, c'est la longueur de galerie non poussiéreuse qui arrête d'une façon certaine une explosion, quelque violente soit-elle. Or rien ne permet d'affirmer que les parties de voie pierreuses ou maçonnées qui ont en fait limité l'explosion dans les fosses sinistrées de Courrières ne l'auraient pas laissée passer si celle-ci était arrivée jusque-là avec plus de violence. On ne peut donc se faire une idée des conditions nécessaires pour arrêter une explosion ou une inflammation de poussières que par une suite d'expériences systématiques, comme il va en être entrepris à la galerie d'essais de Liévin.

6° La force de l'explosion semble avoir augmenté dans des proportions souvent considérables aux points où elle a rencontré des arrivées d'air (*). Comme exemples les plus saillants nous citerons :

a) *Au n° 4*, le recoupage reliant Marie Sud-Est 331 à Joséphine Sud-Est : l'explosion, qui venait du n° 3 par Joséphine et qui, dans la dernière partie de son parcours dans cette veine, n'avait causé que des dégâts secondaires, a rencontré à l'entrée du recoupage le grand retour de 383 et de 331 Nord. Les dégâts considérables soufferts par le recoupage marquaient une recrudescence énorme de la violence de l'explosion en ce point ; b) *Au n° 4*, la bowette Nord 331 entre Marie et le puits : l'explosion,

(*) Lors de l'inflammation de poussières de La Machine, M. Laurent a noté une recrudescence marquée des effets dynamiques et calorifiques sur une arrivée d'air (*loc. cit.*).

arrivée par la voie de fond de Marie 331 Nord-Est sans grande violence, a trouvé, en débouchant dans la bowette, tout le retour d'air de 383 Nord et l'entrée d'air de 331 Nord; elle a pris là une force considérable et a bouleversé la bowette 331 vers le puits, en projetant à plus de 10 mètres un paquet de cadres en fer enchevêtrés.

7° Des croûtes de coke abondantes ont été constatées sur les bois, sur les wagonnets, sur des tuyaux de fer d'un bout à l'autre du champ de l'explosion. En quelques points, la poussière même qui recouvrait le sol ou les parois des galeries était cokéfiée, comme on pouvait s'en apercevoir au toucher. D'ailleurs les échantillons de croûtes de coke et de poussières cokéfiées que nous avons recueillis ont été analysés, ainsi que du charbon normal, terme de comparaison, au laboratoire de M. Le Chatelier à l'École des Mines. Ont été dosées : 1° la proportion d'eau hygrométrique sur 100 de matière totale ; 2° les cendres sur 100 de matière totale ; 3° les matières volatiles sur 100 de matière combustible, c'est-à-dire défalcation faite de l'eau hygrométrique et des cendres.

		Eau hygrométrique	Cendres	Matières volatiles
Echantillons types de charbons pris au n° 4	Joséphine ..	0,75	4,75	33,3
	Marie......	0,6	5,2	31,3
	Cécile	1,4	7	27,3
Poussière ramassée à l'accrochage de 280 au n° 3		5,6	18	17,5
JOSÉPHINE 326 AU N° 3.				
Croûtes de coke de la voie de fond de 326 Nord-Est		1,4	28,5	24,7
		2,4	9,1	21,3
		1,9	12	21,7
Croûtes de coke d'une descenderie du même quartier		1,2	17,4	19
Poussières de la voie Lecœuvre à front	Sur le sol......	0,9	8,3	23,4
	Sur les parois..	1	20	24,3
	Dans les buses..	1,1	39,05	20,4
Croûtes de coke du treuil Lecœuvre.		1,1	17	19,7

JOSÉPHINE 331 AU N° 4.

Quartier de l'Est, communication avec le n° 3.

Croûtes de coke de la voie de fond..	2,5	26,8	16,5
Croûtes de coke des treuils........	2	16,8	16.6
	2,4	37,8	17,3
Croûtes de coke d'un montage en ferme..........................	3.6	20,9	15.0

Quartier du Sud-Ouest et Sud-Est.

Poussières du sol des treuils......	2,1	32,1	29,8
	3,3	30,1	26,7
Croûtes de coke des treuils.......	2,3	29,7	24,2
	51,8	13,7	17,5
	1,4	17,3	21,8
	1,4	24,5	19,2

MARIE 331 AU N° 4.

Poussières du sol de la voie de fond Sud-Est.......................	2,2	20,2	26,6
Croûtes de coke de la voie de fond Sud-Est.......................	1,5	23,8	19,3
Poussières du sol de la descenderie Sud-Est.......................	1,6	25,3	26,6

SAINTE-BARBE 331 AU N° 4.

Croûtes de coke de la 1re descenderie du crochon	3,0	42,4	21.6

Dans les résultats précédents sont intéressants seulement les chiffres de la 3e colonne, ceux des deux premières dépendant trop de la manière de faire la prise d'échantillon. La perte en matières volatiles est assez variable, et elle varie d'une façon irrégulière. On peut dire seulement que, pour les croûtes de coke, elle est généralement du tiers en allant quelquefois jusqu'à la moitié, et que pour les poussières du sol elle est d'ordinaire beaucoup plus faible, 1/6 à 1/5, exception faite cependant pour les poussières de la voie Lecœuvre et de l'accrochage de 280 qui ont perdu plus du tiers des matières volatiles.

Les conclusions à tirer de l'observation des croûtes de coke sont de deux ordres. D'abord elles manifestent le passage d'une flamme qui a produit un commencement de distillation des poussières ; la température des points où on les remarque a donc, au moment de la catastrophe, dépassé 300 à 350°. Puis, par leur orientation, on peut essayer de déterminer le sens de propagation de l'explosion ; mais les résultats obtenus ainsi sont loin d'être absolus.

Les observations faites jusqu'à ce jour à l'étranger et en France concordent bien pour établir qu'en général les croûtes se trouvent sur la face des bois opposée au côté d'où vient l'explosion, en position que l'on peut appeler inverse. Cela est vrai, du moins à une certaine distance de l'origine de l'explosion, car, à son voisinage immédiat, le coke fait face au point de départ de celle-ci, quand elle a été allumée par un coup de mine ; il est alors en position directe (*).

Nous avons constaté, en rapprochant la position des croûtes de coke des effets mécaniques observés à leur voisinage, que la position inverse du coke était assez générale.

La portée de cette règle semble cependant diminuée par des observations nombreuses faites dans les fosses sinistrées de Courrières. Des bois ont été fréquemment rencontrés qui portaient du coke sur leurs deux faces ; ou bien, dans un tronçon de galerie donné, deux bois voisins avaient reçu un dépôt de coke sur des faces contraires. On peut tenter d'expliquer ces anomalies de différentes manières.

Dans bien des cas, l'enchevêtrement des galeries permet de supposer qu'un tronçon de galerie donné a été

(*) Le coke en position directe a été remarqué notamment par M. Weiss, lors de l'inflammation des poussières à la fosse n° 5 de Courrières, le 24 juillet 1895.

parcouru par deux chasses gazeuses, successives et contraires, qui lui sont arrivées par deux chemins différents.

On peut invoquer aussi une recrudescence locale de l'explosion, qui produit en retour, sur le chemin déjà parcouru par elle, des effets contraires à ceux de son passage direct.

Enfin on peut considérer le dépôt sur l'une des faces d'un bois comme un dépôt normal, celui de l'autre face étant une bande étroite cokéfiée.

Nous avons décrit précédemment la forme de ces dépôts de poussières, à section droite triangulaire. Si l'on admet la théorie anglaise (*) qui place les bandes étroites face à l'explosion, quand on rencontre deux dépôts de coke opposés sur le même bois, l'un à section triangulaire, le second en plaques larges, on peut se retrouver dans le cas général, le premier dépôt étant une bande étroite en position directe, cokéfiée par suite d'une chaleur particulière en cette région, le second étant du coke normal en position inverse. Si, comme le veulent d'autres observations (**), la bande étroite se dépose toujours en position inverse, comme le coke, auquel elle fait suite quand il disparaît à l'extrémité de la flamme, la présence sur les faces opposées d'un même bois d'une bande étroite et d'une croûte de coke est anormale au même titre que la présence de deux croûtes opposées sur le même bois, et les deux faits restent également obscurs.

Quand un de ces exemples de croûtes de coke discordantes se présente, fait anormal en principe, mais fréquent en pratique, il est donc bien difficile de déterminer dans lequel des cas précédents, croisement de flammes, explosion en retour, bandes étroites, on doit le

---

(*) W.-N. Atkinson, *Report on the Talk o' th' Hill Explosion*, 1901.
(**) V. Watteyne, *Rapport sur la catastrophe de la Boule*, 1887.

faire rentrer pour l'expliquer ; au reste, cette question en soulève d'autres, mécanisme du dépôt des croûtes de coke, possibilité d'explosions successives, que seules les expériences de Liévin pourront permettre d'éclaircir.

Comme autres faits d'expérience relatifs aux poussières de Courrières, nous citerons quelques données obtenues en dehors des fosses sinistrées.

8° Une inflammation de poussières s'est produite, le 24 juillet 1895, à la fosse n° 5, dans les travaux de Joséphine à 260 mètres. Un coup de mine, placé à $0^m,50$ au-dessus du sol et chargé de 500 grammes de poudre noire comprimée, débourra et enflamma les poussières qui avaient été laissées devant lui ; la flamme alla brûler les deux ouvriers garés à 30 mètres ; mais elle ne s'étendit pas à plus de 50 mètres du front et ne produisit pas d'effets dynamiques. A la suite de cet accident, et sur la demande du Service des mines, la Compagnie de Courrières interdit l'emploi de la poudre noire;

9° Des expériences ont été faites, les 17-18 juillet et 14 août 1906, à la galerie d'essais de Frameries, avec des poussières provenant de Joséphine 326 au n° 3 ; elles ont démontré que ces poussières s'enflammaient presque régulièrement sous l'effet d'un coup de mine non bourré, chargé de 400 grammes de poudre Favier n° 1.

La quantité de poussières mises en suspension ou répandue sur le sol a été de 9 kilogrammes environ pour chaque expérience ; la capacité de la galerie étant de 60 mètres cubes, la densité moyenne était de 150 grammes par mètre cube.

Les flammes obtenues ont été volumineuses et sont généralement sorties de la galerie, qui a 30 mètres de long ; dans l'expérience la plus violente, la flamme est sortie de 15 mètres. La vitesse de la flamme ne semblait

pas très grande : dans quelques expériences elle est même sortie de la galerie avec un retard de une seconde sur la détonation. Les effets mécaniques n'ont pas été négligeables. Un coup de mine de même charge, mais sans poussières, ne donne aucun effet dynamique, et la flamme, très mince, a 2 ou 3 mètres de longueur au plus. Avec les poussières, il se produit au contraire une chasse de gaz capable de faire sauter les cadres établis dans la galerie et de chasser une berline au dehors avec violence.

Des expériences ont été faites en enflammant les poussières dans un mélange grisouteux contenant 2 p. 100, puis 4 p. 100, puis 6 p. 100 de grisou. La flamme a complètement changé d'allure ; son retard est devenu à peu près inappréciable avec 2 p. 100 de grisou, et elle a été tout à fait instantanée avec 4 p. 100 et 6 p. 100. Les effets dynamiques ont été aussi plus violents, comme a permis de s'en rendre compte la projection à des distances croissantes de la berline placée dans la galerie ; mais les effets sur les cadres de la galerie sont restés à peu près les mêmes ; quelques-uns sont restés debout intacts, tandis qu'une explosion de grisou à 8 p. 100 n'en laisse subsister aucun et projette les bois au dehors.

Deux prises de gaz furent faites à l'un des orifices de la galerie, aussitôt après l'une des inflammations de poussières.

L'analyse a donné les résultats suivants p. 100 :

	1		2	
CO^2..........	6,5	6,5	1,5	1,2
CO...........	4	3,5	0,8	0.8
O............	7,5	8,5	13,5	14,0

Il y a eu rentrée d'air à l'orifice où les prises ont été faites. Ces analyses suffisent cependant pour montrer que l'inflammation des poussières produit une quantité considérable d'oxyde de carbone, égale, pour la moyenne des quatre

analyses, à 57 p. 100 de la quantité de CO^2 formé. Il y a eu réduction, par les particules incandescentes de charbon en suspension, du CO^2 formé tout d'abord par la combustion. L'inflammation de poussières, en espace limité et avec insuffisance d'oxygène, produit donc des gaz inflammables de deux manières différentes : par la distillation instantanée et partielle des poussières, que les croûtes de coke mettent en évidence, et par une combustion incomplète.

Toutes les indications données par les fosses sinistrées sur l'action des poussières ne pourraient isolément démontrer que l'explosion de Courrières est due à leur inflammation progressive ; mais elles constituent un ensemble de faits qui tous font pressentir une action tout à fait prépondérante des poussières charbonneuses. Elles rendent plus acceptable et plus convaincante cette idée que la catastrophe de Courrières est due à un coup de poussières, idée que, d'autre part, l'absence de toute autre cause capable d'expliquer la catastrophe dans toute son étendue semble rendre nécessaire. Aussi le Conseil général des Mines a-t-il conclu formellement que, « s'il n'a pas été possible d'établir la cause exacte de l'inflammation initiale qui a déterminé la catastrophe du 10 mars 1906, il ne peut être contesté que son extension parait due à la propagation, par suite de circonstances diverses, de l'inflammation des poussières dans toute l'étendue du champ d'exploitation des fosses n° 2, n° 3 et n° 4-11, sur une longueur de 3 kilomètres environ et une largeur égale, par places, à 1.500 mètres (*) ».

Il est certain aussi que les particularités de la marche de l'explosion doivent fournir des indications utiles pour

(*) Annexe B.

l'étude des inflammations de poussières, en signalant l'influence que peuvent avoir sur leur propagation la section et la nature des revêtements des galeries, la teneur en cendres et l'humidité des poussières du sol, et les arrivées d'air frais.

IX.

CONCLUSIONS.

La conclusion la plus saillante à tirer de la catastrophe de Courrières est que « les mines de charbon non grisouteuses peuvent, du fait des poussières, être exposées, dans des circonstances qu'il est d'ailleurs actuellement impossible de préciser, aux mêmes dangers que les mines à grisou (*) ». Cette constatation dicte tout un programme de mesures à prendre et d'études à faire, exposé dans l'avis du Conseil général des Mines. Sur plusieurs points, des solutions sont déjà intervenues, du moins pour le bassin du Pas-de-Calais.

C'est ainsi que l'arrêté préfectoral du 18 septembre 1906 a interdit l'emploi des lampes à feu nu, a ordonné la suppression des goyots et l'emploi exclusif des explosifs de sûreté, avec allumage par boute-feux spéciaux, comme dans les mines à grisou.

L'arrêté ministériel du 15 avril 1907 a prescrit l'emploi des appareils respiratoires dans toutes les mines de combustible.

Restent à l'étude les questions relatives, d'une part, à l'aménagement général des travaux, aux communications et séparations à établir entre fosses, à la division des courants d'air par groupes de chantiers, à la suppres-

(*) Annexe B.

sion du foudroyage, et, d'autre part, aux conditions dans lesquelles les poussières sont dangereuses, aux moyens propres à les rendre inoffensives, ainsi qu'aux explosifs de sûreté et à leurs charges limites, si elles existent.

Ces deux derniers groupes de questions, poussières et explosifs, sont réservés à la Commission du grisou, qui en poursuivra l'étude avec l'aide de la station d'essais de Liévin, créée par les soins du Comité central des Houillères de France.

ANNEXE A.

RAPPORT

de la Commission chargée par M. le ministre des travaux publics, des postes et des télégraphes de procéder à une enquête sur les conditions dans lesquelles ont été effectués par les ingénieurs de l'État les travaux de sauvetage à la suite de la catastrophe survenue aux mines de Courrières le 10 mars 1906.

Le 31 mars dernier, M. le ministre des travaux publics a confié à une commission spéciale la mission de rechercher dans quelles conditions ont été organisés, aux mines de Courrières, à la suite de la catastrophe du 10 mars, les travaux de sauvetage des ouvriers et les travaux de défense contre la propagation du feu.

La commission, composée de MM. Carnot, inspecteur général des mines, président; Aguillon et Nivoit, inspecteurs généraux des mines; Cordier et Evrard (Bernard), délégués à la sécurité des ouvriers mineurs, et Kuss, ingénieur en chef des mines, secrétaire, a tenu une première série de séances du 1er au 12 avril. Elle a d'abord visité les lieux et entendu tous les témoins dont la déposition lui a paru utile pour faire une entière lumière sur les questions qu'elle avait à étudier; les dépositions de ces témoins sont reproduites dans les procès-verbaux des séances des 1er, 2 et 7 avril, adoptés par la commission le 12 avril et définitivement arrêtés par elle le 8 mai, comme il sera dit plus loin. La commission a ensuite consacré deux séances à la discussion des faits, puis à celle des termes et des conclusions du rapport qu'elle devait remettre à M. le ministre.

Au cours de cette discussion, de sérieuses divergences d'opinion se manifestèrent entre MM. Cordier et Evrard, d'une part, et les autres membres de la commission, d'autre part.

MM. Cordier et Evrard déclarèrent finalement ne pouvoir revêtir de leurs signatures le projet de rapport préparé et approuvé par la majorité et se réserver de développer leurs observations d'une manière plus étendue ou même d'en présenter de nouvelles. Ils adressèrent en effet, le 13 avril, à M. le ministre des travaux publics, un document intitulé « Rapport de la minorité », portant leurs signatures, et une série de feuillets, sans signature, dans lesquels sont résumées les dépositions qui ont été faites devant la commission.

Saisi à la fois du rapport de la majorité de la commission et de celui de la minorité, M. le ministre, par une dépêche du 21 avril, renvoya tout le dossier à la commission avec les observations suivantes :

« Je comprends parfaitement que des divergences d'opinion puissent se manifester parmi les membres d'une commission sur l'appréciation que comportent les faits soumis à leur examen. Mais il serait regrettable que les dépositions des témoins appelés devant cette commission puissent être présentées sous deux formes différentes et ne concordent pas avec le résumé qui, à défaut de signatures des déposants, doit être considéré, après lecture devant la commission, comme la traduction fidèle de ces dépositions.

« D'autre part, le rapport de MM. Cordier et Evrard ne se borne pas à attacher des conclusions aux faits contradictoirement établis au sein de la commission, mais il signale des constatations matérielles qui ne paraissent pas avoir été discutées par elle. »

M. le ministre invitait, en conséquence, la commission à reprendre ses études et à lui présenter ensuite, à dé-

faut de conclusions uniques, un rapport définitif donnant séparément les diverses conclusions formulées.

Déférant à cette invitation, la commission s'est réunie à nouveau le 8 mai, a repris et arrêté contradictoirement le procès-verbal des séances des 1er, 2 et 7 avril, contenant les dépositions des témoins entendus par elle, discuté quelques constatations matérielles faites en dehors d'elle par MM. Cordier et Evrard, et essayé d'aboutir à des conclusions qu'elle aurait pu adopter à l'unanimité. Elle a dû y renoncer. Le présent rapport, après avoir rappelé les faits, donnera en conséquence séparément les diverses conclusions formulées par la majorité de la commission, composée de MM. Carnot, Aguillon, Nivoit et Kuss, et par la minorité, composée de MM. Cordier et Evrard.

I. — LA CATASTROPHE DU 10 MARS 1906.

La commission n'avait pas à rechercher les causes de la catastrophe du 10 mars 1906. Elle constate seulement, à raison de l'importance capitale de cette constatation pour l'appréciation de l'organisation des travaux de sauvetage, qu'à l'origine tout le monde était d'accord pour attribuer la catastrophe à un incendie souterrain voisin de la fosse 3 et à une explosion en rapport avec cet incendie. La déposition du délégué mineur Simon, dit Ricq, est particulièrement instructive à cet égard.

Quoi qu'il en soit, la catastrophe affectait la fosse 3 et les deux sièges voisins, savoir : à l'Est, le siège composé des deux puits 2 et 10 ; à l'Ouest, le siège composé des deux puits 4 et 11.

1.780 ouvriers environ étaient descendus aux trois sièges le matin du 10 mars. Après l'explosion, 670 d'entre eux remontèrent le même jour par les fosses 10 et 11 ; 13 furent remontés le 30 mars à la fosse n° 2, 1 le 4 avril à la fosse n° 11, ce qui donne un total de 684 sortis.

La catastrophe a fait, en conséquence, 1.100 victimes environ ; un pareil chiffre suffit à montrer l'étendue du désastre.

Les dégâts matériels étaient énormes ; l'explosion avait causé des éboulements nombreux et importants depuis la fosse 2 jusqu'à la fosse 4, soit sur une étendue de 3 kilomètres environ et sur la largeur entière du champ d'exploitation, supérieure à 1 kilomètre, notamment dans les veines Joséphine, Sainte-Barbe, Cécile et Marie ; les autres veines du gisement, Julie, Mathilde, Augustine, Amé, Eugénie, Adélaïde et Intermédiaire, avaient été moins éprouvées.

Il paraissait résulter de toutes les déclarations faites par les ouvriers qui avaient échappé au désastre et de toutes les constatations faites immédiatement après la catastrophe que l'ensemble des voies principales avait été parcouru et ravagé soit par les flammes, soit par une violente chasse d'air et par des gaz irrespirables, depuis la fosse 3, où l'explosion semblait avoir pris naissance, jusqu'à la fosse 4 d'une part et au voisinage de la fosse 2 de l'autre.

II. — ORGANISATION DU SAUVETAGE.

Pour bien saisir l'organisation des travaux de sauvetage, il convient de distinguer trois périodes, savoir :

Première période : 10 et 11 mars ;

Deuxième période : du 12 au 30 mars ;

Troisième période : postérieure au 30 mars.

Première période : 10 et 11 mars.

Immédiatement après la catastrophe, on tenta, par tous les moyens possibles, d'aller au secours des victimes et de se faire une idée de l'importance du désastre. Tandis que l'on faisait remonter en hâte, par les fosses 10 et 11,

le personnel des quartiers qui n'avaient pas été directement atteints par l'explosion, on ne tardait pas à constater l'impossibilité de pénétrer dans les travaux, sans perte de temps, par la fosse 3.

M. Petitjean, ingénieur principal de la compagnie de Courrières, venait de remonter par cette fosse après avoir visité des barrages qu'on avait construits pour étouffer un incendie dans la veine Cécile au voisinage du puits, quand l'explosion se produisit vers six heures trois quarts du matin. Or la fosse était divisée en trois compartiments par deux cloisons en fortes planches allant du jour au niveau 231. Au centre, le compartiment principal servait à l'extraction et à l'entrée de l'air; l'un des compartiments latéraux, ou goyot, à la sortie de l'air aspiré par un ventilateur, l'autre à la circulation par les échelles. L'air entrant par le puits 3 se divisait en trois branches principales; l'une de ces branches allait vers le puits 2, l'autre vers le puits 4, la troisième aérait un quartier au Sud de la fosse 3, par le goyot de laquelle elle sortait. L'air entrait, d'autre part, dans les travaux des fosses 11-4 et 2-10 par les puits 11 et 10, pour en sortir par les puits 4 et 2. L'aérage normal du groupe comprenait ainsi trois entrées d'air par les puits 11, 3 et 10, et trois sorties par le puits 4, le goyot du 3 et le puits 2. M. Petitjean se rendit immédiatement compte du fait que le ventilateur du goyot du 3 aspirait de l'air frais : il en conclut très justement que la cloison du goyot était défoncée et que l'aérage de la fosse 3 était par là gravement compromis. Son premier soin fut de s'efforcer de conserver l'entrée d'air par cette fosse. Aussitôt après avoir arrêté le ventilateur et pris quelques mesures pour maintenir le sens du courant d'air, il voulut descendre dans le puits : il dut renoncer à remettre les cages en mouvement et faire remplacer l'une d'elles par une benne ou panier, l'autre étant immobilisée au fond par des éboulements. Les débris du

goyot, ceux des échelles et de leurs planchers, ceux des guides rompus encombraient malheureusement le puits de telle sorte qu'après quelques heures de vains efforts le panier vint se poser sur un amoncellement qui en arrêta absolument la descente. On se mit, sans autres moyens que ce panier à marche nécessairement lente et difficile dans un puits obstrué par des débris menaçants, à entreprendre le déblaiement de la colonne du puits.

Tandis que ce travail se poursuivait avec ardeur, mais presque sans résultat, à la fosse 3, M. Bar, ingénieur en chef de la compagnie, M. Domézon, ingénieur divisionnaire, M. Bousquet, ingénieur du siège 11-4, descendaient en hâte à la fosse 11, y faisaient remettre en état la cage faussée par l'explosion et remonter les ouvriers des quartiers épargnés, puis exploraient les travaux atteints par l'explosion, sans rencontrer autre chose que des cadavres, du mauvais air et des éboulements. A la fosse 10 descendaient de même les ingénieurs Voisin et Pegheaire; le premier se blessait en commençant le sauvetage; le second, à demi asphyxié, dut aussi remonter rapidement. Leurs subordonnés poursuivaient les explorations et le sauvetage des survivants.

Quelques heures après l'explosion, on estimait que, si tous les ouvriers des fosses 10 et 11 proprement dites avaient pu remonter ainsi qu'un certain nombre d'ouvriers de la fosse 2, on devait déplorer la perte à peu près certaine de tout le personnel de la fosse 3, de celui de la fosse 4 et de 150, peut-être 200 mineurs de la fosse 2. L'état des cadavres rencontrés partout, les uns brûlés, d'autres broyés, d'autres asphyxiés, ne laissait que peu d'espoir de rencontrer beaucoup de survivants dans les quartiers directement atteints par l'explosion.

Lorsque, vers onze heures du matin, M. l'ingénieur en chef Léon arriva d'Arras avec son personnel, il ne put naturellement que continuer ce qu'avaient commencé les

ingénieurs de la compagnie. Envoyant M. Heurteau à la fosse 10, M. Leprince-Ringuet à la fosse 3, il se rendit lui-même à la fosse 4; chacun des ingénieurs de l'État descendit immédiatement dans la fosse qui lui était affectée pour se rendre compte par lui-même de la situation.

De toutes parts affluaient les autorités civiles et militaires venant se renseigner et veiller au maintien relatif de l'ordre au milieu d'une population anxieuse et consternée, les journalistes avides d'informations, les directeurs et ingénieurs du bassin venant offrir leur concours et celui de leur personnel.

Conformément aux prescriptions de l'article 14 du décret du 3 janvier 1813, M. l'ingénieur en chef Léon devait prendre et prit en effet la direction des travaux de sauvetage. Mais, au premier moment, il était d'autant moins possible de les coordonner avec un ordre parfait que les ingénieurs de la compagnie, auxquels il aurait eu des renseignements à demander ou des instructions à donner, passaient la plus grande partie de leur temps au fond de la mine pour essayer d'arracher quelques victimes à la mort.

Vers six heures du soir, arriva sur les lieux de la catastrophe M. l'inspecteur général des mines Delafond, envoyé par M. le ministre des travaux publics pour diriger l'enquête et les opérations de sauvetage ou tout au moins, en ce qui concerne celles-ci, pour assister M. Léon de son autorité et de ses conseils. Il fut mis au courant de ce qui avait été fait jusqu'à son arrivée, descendit à la fosse 11 pour se rendre compte par lui-même des constatations déjà faites, eut à recevoir MM. les ministres des travaux publics et de l'intérieur dans la nuit du 10 au 11, à se transporter sous la pluie et la neige d'une fosse à l'autre, et il dut attendre la venue du jour pour reprendre activement ses investigations.

Quelques ouvriers avaient pu remonter encore vers dix

ou onze heures du soir par la fosse 11 ; un groupe de dix-sept ouvriers de la fosse 3 avait, d'autre part, été ramené à neuf heures et demie du soir à la fosse 10 par le délégué mineur Simon, dit Ricq. Le dimanche 11 mars, à huit heures du matin, sur les vives instances de ce dernier, M. Léon l'autorisa à aller tenter par la fosse 10 une nouvelle exploration de la fosse 3, tandis que M. Domézon poursuivait ses recherches à la fosse 11, à la faveur d'un faible aérage obtenu la veille par la réparation rapide des portes isolant le puits de retour d'air 4 du puits d'entrée 11. Mais l'arrivée du mauvais air paraissant venir du puits 3 les rendait de plus en plus dangereuses. Vers deux heures de l'après-midi, Simon, dit Ricq, revint de l'exploration autorisée le matin aux fosses 10-2-3 et exécutée sous le contrôle de M. l'ingénieur des mines Leprince-Ringuet ; il revint en déclarant que son espoir de retrouver des vivants ne s'était pas réalisé et s'exprima en termes tels que M. Léon fut convaincu de l'inutilité de nouvelles recherches. Au cours de cette exploration, on avait visité tous les accrochages de la fosse 3 et l'on n'y avait trouvé aucun être vivant.

La situation était à ce moment la suivante.

On avait reconnu l'impossibilité de parvenir à déblayer le puits 3, dans un délai acceptable, par des moyens ordinaires. On avait, dans l'après-midi du samedi 10 mars, examiné la possibilité de désobstruer ce puits par l'emploi de moyens extrêmes. M. Reumaux, directeur de la Compagnie des mines de Lens, avait proposé l'emploi de la dynamite ; d'autres personnes avaient suggéré l'idée de faire tomber, depuis le jour, un poids lourd qui peut-être s'ouvrirait un passage à travers les débris. Ce passage aurait facilité l'entrée de l'air, pour le maintien de laquelle on n'avait pas été sans inquiétude ; peut-être aurait-il permis de faire descendre le panier jusqu'à la base, inconnue, de l'amoncellement des débris ; on aurait

pu dès lors se débarrasser plus facilement de ceux-ci en les attaquant par le bas et les faisant tomber au fond du puits ; peut-être même aurait-il, c'était l'espoir des plus optimistes, provoqué la chute générale des débris et rouvert ainsi le puits à la circulation par la benne. Mais l'emploi de l'un ou de l'autre de ces moyens audacieux avait paru singulièrement aléatoire. M. Petitjean, qui avait travaillé toute la journée dans le puits 3 et était par conséquent plus à même que tout autre d'en bien connaître l'état, ne croyait pas à l'efficacité possible de la dynamite ; M. Bar redoutait que la chute d'un poids, au lieu de faciliter la désobstruction du puits, ne fît qu'en aggraver l'obstruction et ne compromît définitivement le passage de l'air ; il craignait en outre que, s'il rencontrait une poutre inclinée, le poids ne déviât et n'allât frapper soit le cuvelage, soit la maçonnerie du puits, et ne pût y provoquer de nouveaux éboulements plus graves encore que ceux qui existaient. M. l'ingénieur en chef Léon avait, dans ces conditions, le 10 mars, vers cinq heures du soir, ajourné la solution et décidé simplement de prendre les dispositions nécessaires pour que l'on fût prêt à agir quand il en donnerait l'ordre.

M. Petitjean était retourné à la fosse et avait cru y entendre des appels ou des gémissements venant du fond. Il avait travaillé à écarter les obstacles qui s'opposaient à la libre circulation de la benne depuis le jour jusqu'à la profondeur de 170 mètres, où les débris formaient un amas inextricable, et avait réussi à la faire passer sans toucher les madriers. Il avait constaté ensuite l'impossibilité de faire descendre à travers l'amas une lampe de sûreté et un billet destiné à avertir les hommes qui pouvaient se trouver au voisinage du puits qu'ils eussent à se garer. Vers dix heures du soir, M. Leprince-Ringuet vérifia l'état du puits depuis le jour jusqu'à 170 mètres ; il lui parut que l'équilibre des débris et

madriers en suspension était si instable qu'il était impossible de rien faire avant d'avoir consolidé toutes les parties menaçant de tomber.

On continuait ce travail quand arrivèrent à la fosse le porion Pélabon et le délégué mineur Simon, dit Ricq, qui venaient de visiter deux des accrochages de la fosse 3 et de sauver 17 ouvriers réfugiés à ces accrochages ou sur le parcours suivi par les sauveteurs : c'étaient ces ouvriers ou ces sauveteurs dont M. Petitjean avait entendu les appels.

En présence de ce fait et du danger incontestable pour la suite des opérations que présentait la chute du poids, M. l'ingénieur en chef Léon avait donné l'ordre d'y surseoir et cet ordre était devenu définitif le dimanche 11 mars, après la deuxième exploration négative des accrochages de la fosse 3 par le délégué mineur Simon et l'ingénieur des mines Leprince-Ringuet.

Les ingénieurs de l'État, ceux de la Compagnie de Courrières que la fatigue n'avait pas contraints à aller prendre un peu de repos, ceux des Compagnies voisines se trouvèrent réunis le dimanche 11 mars, vers quatre heures de l'après-midi, au bureau des plans de la Compagnie de Courrières, avec les géomètres de la Compagnie, et y discutèrent la marche à suivre pour continuer le sauvetage.

Après avoir écouté tous les avis donnés, avoir constaté que tout le monde admettait à ce moment qu'il n'y avait plus, après les constatations faites aux puits 11-4 et 10-2, ainsi qu'après celles faites au puits 3 par Simon, dit Ricq, aucune chance de retrouver des vivants, M. Delafond se décida à ordonner l'utilisation du puits 3 comme puits de sortie d'air, ce qui exigeait la fermeture de son orifice et la transformation des puits 2 et 4 en puits d'entrée d'air, de manière à permettre aux sauveteurs de s'avancer sans danger trop évident et de relever les cadavres qu'ils ren-

contreraient sur leur chemin. Dès ce moment, M. Delafond se demanda si le ventilateur du puits 3, renforcé au besoin par un ventilateur de secours offert par les mines de Béthune, permettrait d'aspirer à lui seul l'air entrant par les puits 2 et 4. Il fut convenu que, si l'on ne parvenait pas à établir ces deux entrées d'air, on se résignerait à abandonner provisoirement les recherches par le 4. où l'on savait que l'on rencontrerait des éboulements très considérables, et à faire tirer le puits 4, en même temps que le puits 3, sur le puits 2, seule entrée d'air conservée.

En résumé, après sauvetage de tous les survivants que l'on put dégager le samedi 10 mars, on admit le 11 qu'il n'y avait plus de chances de retrouver d'autres vivants et que ce qui restait à faire était de remonter le plus rapidement possible le plus grand nombre possible de cadavres, sans compromettre davantage la vie des hommes auxquels on demanderait d'accomplir ce travail pénible. M. Delafond ordonna, en conséquence, le renversement du courant d'air.

Nous devons dire ici (car cette hypothèse, si peu probable qu'elle parût, avait été envisagée) qu'au cas où des ouvriers resteraient enfermés dans des culs-de-sac non envahis par le mauvais air, le renversement du courant avait été reconnu ne pas devoir aggraver leur situation.

Deuxième période : du 11 *au* 30 *mars.*

Le programme adopté le 11 mars au soir fut mis immédiatement à exécution. On construisit le plancher destiné à fermer l'orifice du puits n° 3 et l'on mit en marche le ventilateur aspirant de ce puits. Mais, dès le lundi soir, à quatre heures, on dut renoncer à faire entrer l'air par le puits 4 qui, malgré l'eau qu'on y faisait tomber, restait

puits de sortie. L'on se résigna, en conséquence, à fermer le 4 et le 11, comme on avait fermé déjà le 3, et à aspirer l'air par les puits 3 et 4 tirant ensemble sur le puits n° 2.

L'objectif était l'enlèvement des cadavres. Or ils abondaient au puits 2, dans la veine Joséphine à 326 et dans la veine Sainte-Barbe, mais surtout dans la première. On espérait en outre, grâce à la solidité que les ingénieurs de la Compagnie attribuaient au toit de Joséphine, n'y trouver que peu d'éboulements et arriver rapidement à rétablir une bonne voie de roulage allant en ligne directe vers le n° 3, tandis que l'on savait que la communication par Julie-Mathilde à 280 ne contenait presque pas de cadavres et était si resserrée vers la limite des champs d'exploitation des deux fosses qu'il semblait difficile de l'utiliser pour l'extraction des cadavres de la fosse 3.

D'autre part, il fallait arriver rapidement au 3 pour y reconnaître le feu, supposé alors la cause principale de l'explosion, et prendre toutes les mesures que pouvait nécessiter la situation, qui avait pu être aggravée par l'explosion, non pour sauver la mine, comme on l'a dit, mais pour poursuivre les travaux de sauvetage avec une suffisante sécurité pour les ouvriers occupés à ces travaux.

Tout marcha, sinon sans difficultés, car on rencontrait plus d'éboulements qu'on ne l'avait pensé, et les cadavres répandaient une odeur insupportable, du moins sans incident de nature à faire modifier le programme, jusqu'au jeudi 15 mars. Guidés par les ingénieurs et le personnel de la mine, les sauveteurs allemands et les pompiers parisiens, munis d'appareils respiratoires, pouvaient relever des cadavres que les ouvriers locaux n'auraient pu aborder sans ces appareils.

Le 15 au matin, on constata un incendie dans un treuil branché sur la voie de fond de Joséphine, à 800 mètres

environ du puits n° 2. M. Delafond, resté seul pour diriger les travaux, parce que M. Léon était tombé malade dans la nuit du 14 au 15, à la suite d'une descente trop prolongée, n'ayant à sa disposition aucune installation pour combattre immédiatement le feu par une attaque directe et considérant comme souverainement imprudent de s'avancer avec une menace pareille derrière les travailleurs, donna, dans la journée du 15, l'ordre de barrer les bowettes par lesquelles l'air arrivait ou pouvait arriver sur l'incendie. Trois barrages furent exécutés dans la bowette de 340 mètres et un quatrième dans la bowette de 306 conduisant à Julie, par laquelle on craignait également des entrées d'air dans Joséphine, à la faveur de cassures qui pouvaient exister dans le toit de cette couche.

Ayant ainsi paré au plus pressé, c'est-à-dire pris des mesures radicales de nature à empêcher l'incendie de se développer, M. Delafond se demanda quelle solution définitive il devait adopter en présence de ce nouvel et si grave incident ; il consulta, le 16 et le 17 mars, des ingénieurs d'une compétence reconnue et se décida, le 17 mars, à commander les installations nécessaires pour essayer de maîtriser l'incendie et continuer, aussitôt après, l'opération si fâcheusement interrompue par ce grave contretemps. On rouvrit les barrages pour les munir de solides portes en fer permettant de les franchir et de ne laisser passer que l'air jugé indispensable pour la respiration des ouvriers qui attaquaient le feu. On installa une canalisation d'eau sous pression.

Entre temps, M. Delafond avait examiné la possibilité d'une rentrée par la fosse 11, dans la partie Ouest du champ d'exploitation de la fosse 4, notamment dans la veine Joséphine, mais il avait cru devoir y renoncer par suite des dangers qu'elle présentait pour les sauveteurs, qui auraient été exposés à la fois aux émanations cada-

vériques et aux gaz irrespirables et peut-être explosifs provenant de l'incendie de la fosse 3 et aspirés par le ventilateur de la fosse 4.

Puis, rappelé à Paris par M. le ministre des travaux publics, il quitta Billy-Montigny le 20 mars, rendant la direction des travaux à M. l'ingénieur en chef Léon, lequel avait pu reprendre son service le 19 mars, et auquel il recommanda encore la prudence.

L'attaque directe du feu commença le mercredi 21 mars, à quatre heures du matin. Elle s'est poursuivie depuis lors sans interruption, notamment sous la direction de M. Fumat, très expert en travaux de ce genre, et qui s'était mis avec le plus louable dévouement à la disposition des ingénieurs des mines.

Le 22 mars, le personnel des ingénieurs fut renforcé par l'arrivée de M. Weiss, ingénieur des mines à Paris, mis temporairement par le ministre à la disposition de M. Léon, avec le titre d'adjoint à l'ingénieur en chef, et spécialement préposé par lui à la surveillance directe des opérations. Après quelques jours employés par M. Weiss à se familiariser avec tous les détails de l'ensemble si complexe des travaux et à discuter la possibilité de passer, soit par Joséphine, soit par Julie, avant l'extinction complète de l'incendie, M. Weiss, en présence de la diminution sensible de l'intensité du feu, proposa et fit décider la réouverture du barrage de 306, resté fermé depuis son achèvement, ainsi que la reprise de la communication par Julie-Mathilde à 280, qui avait, le 10 mars, livré passage aux dix-sept survivants de la catastrophe et avait été, le lendemain, parcourue par MM. Simon, dit Ricq, et Leprince-Ringuet. Le barrage fut ouvert le mardi 27 mars et, le lendemain 28, on commença l'élargissement du châssis de Julie. On poursuivait ce travail, avec une interruption de douze heures, dans la nuit du 29 au 30, motivée par l'abondance de l'oxyde de

carbone dans le puits de sortie n° 3, quand se produisit l'apparition inespérée de treize ouvriers qui avaient vécu dix-huit jours dans le cul-de-sac Sud du puits n° 3 ou aux abords de ce puits, avaient vainement essayé de se frayer un passage par Joséphine-Caporal et Sainte-Barbe et s'étaient décidés à tenter l'évasion par Julie, le lendemain même du jour où cette communication avait été rétablie comme voie d'entrée d'air.

Ce fait nouveau mit brusquement fin à la deuxième période du sauvetage, celui de la marche prudente en vue du relèvement des cadavres des victimes de la catastrophe.

Troisième période : postérieure au 30 *mars.*

Du moment que, contrairement aux prévisions, il restait quelques chances de sauver des vivants, on put momentanément oublier la prudence que les feux avaient commandée dans la deuxième période du sauvetage. Sans souci du danger auquel on pouvait s'exposer, on organisa rapidement des explorations dans toutes les parties de la mine où il fut matériellement possible de pénétrer. On parvint, le 30 et le 31 mars, à visiter presque tous les quartiers de la fosse 3 et, le 1er avril, on put arriver, en partant du puits 2 et en passant par le puits 3, jusqu'au puits 4. Le 2 avril, on acheva l'exploration de la fosse 3, où l'on revint toutefois le 4 et le 5 avril, pour avoir la certitude de n'y avoir laissé inaperçue aucune victime encore en vie. On aurait voulu, dès le 30 mars, rouvrir la fosse 11 et y pénétrer ; mais, d'une part, on risquait, en le faisant, de troubler l'aérage de la fosse 3, qu'il y avait une urgence particulière à explorer d'abord, et, d'autre part, la Compagnie de Courrières avait cru pouvoir profiter de l'arrêt de la fosse 11 pour faire exécuter une réparation urgente à la machine d'extraction ; celle-

ci ne put être remise en état que le 1er avril à quatre heures du soir. Ce ne fut toutefois que le lundi 2 avril au soir que l'on réussit à pénétrer dans la fosse 11 et à en commencer l'exploration, en relevant les éboulements qui partout arrêtaient les recherches. Le 4 avril au matin, la délivrance de l'ouvrier Berthon vint encore stimuler, s'il était possible, l'ardeur des sauveteurs. Mais les recherches depuis cette date n'ont amené la découverte d'aucun nouveau survivant. Elles ont, au contraire, coûté la vie, le 18 avril, malgré l'emploi des appareils respiratoires les plus modernes, à l'un des sauveteurs et montré qu'il sera impossible de relever les cadavres de quelques quartiers écartés tant que l'on n'aura pas réussi à débarrasser ces quartiers du mauvais air qui y rend l'atmosphère irrespirable.

Il convient d'ajouter que, depuis le 8 avril, les ingénieurs des mines, dûment autorisés par M. le ministre des travaux publics, ont abandonné à la Compagnie de Courrières le soin d'assurer la remise en état des fosses sinistrées et le relèvement des nombreux cadavres qui y sont restés. Les conditions de cette remise ont été précisées dans un procès-verbal rédigé par les ingénieurs de l'Etat, ceux de la Compagnie de Courrières et les délégués à la sécurité des ouvriers mineurs des fosses intéressées. Il n'est pas encore possible d'indiquer la durée probable des opérations restant à effectuer ; il y a lieu de présumer qu'elle sera longue.

III. — DISCUSSION DES MESURES ADOPTÉES POUR LE SAUVETAGE.

L'exposé qui précède rend un compte sommaire, mais exact, des conditions dans lesquelles ont été organisés les travaux de sauvetage. Il reste à la commission à examiner si les mesures adoptées étaient bien celles que

commandaient les circonstances. Il lui a paru qu'il convenait, dans cette discussion, de faire état non seulement des observations et objections qui ont été formulées par des membres de la commission, mais aussi de celles qui ont été soulevées dans le public et qui ont été reproduites dans la presse.

La commission a été ainsi amenée à discuter successivement :

1° Le principe même de l'intervention des ingénieurs de l'État dans la direction des travaux ;

2° L'abandon des tentatives de désobstruction du puits n° 3 et le renversement de l'aérage ordonné à la suite de cet abandon ;

3° La faute qu'auraient commise les ingénieurs de l'État en ne consultant les représentants des ouvriers et notamment les délégués mineurs, ni au début, ni, malgré des ordres ministériels formels, au cours de leurs opérations ;

4° La construction des barrages à la fosse n° 2 et particulièrement celle du barrage de la bowette 306 menant à Julie ;

5° La reprise, après le 30 mars, d'explorations étendues et multipliées qui avaient été abandonnées à partir du 11 ;

6° Les observations présentées au sujet des ouvriers qui ont pu périr dans la mine depuis la catastrophe.

1° *Principe de l'intervention des ingénieurs de l'État dans la direction des travaux de sauvetage.*

L'intervention directe des ingénieurs de l'État à la suite de la catastrophe n'a pu être critiquée que par des personnes ignorant l'état de la législation sur la question. La procédure relative aux accidents de mines a été réglée par le titre III du décret du 3 janvier 1813. Lorsque les corps des victimes d'un accident n'ont pas pu être immédiatement retirés et, à plus forte raison, lorsqu'on ignore s'il

ne reste pas dans la mine des survivants en danger, il y a lieu de procéder à leur sauvetage, suivant l'expression consacrée pour les deux cas, souvent connexes en pratique. C'est à ces opérations que s'appliquent les articles 14 et 17 du décret du 3 janvier 1813.

Aux termes de l'article 14, deuxième alinéa, l'exécution des travaux aura lieu sous la direction de l'ingénieur ou des conducteurs et, en cas d'absence, sous la direction des experts délégués à cet effet par l'autorité locale.

L'article 17 impose aux exploitants et directeurs de mines voisines de celle où il serait arrivé un accident l'obligation de fournir tous les moyens de secours dont ils peuvent disposer, soit en hommes, soit de toute autre manière.

C'est donc pour se conformer à la loi, et pour nul autre motif, que les ingénieurs de l'État ont pris la direction des travaux de sauvetage dès leur arrivée sur les lieux. Ils se sont naturellement entendus à cet effet avec l'exploitant ou ses ingénieurs, qui seuls pouvaient donner des indications sûres et suffisamment complètes pour la conduite des travaux à entreprendre. Ils n'ont pas eu besoin de provoquer la réquisition des moyens de secours dont disposaient les exploitants des mines voisines, parce que ceux-ci, avec le plus louable empressement, ont spontanément mis à leur disposition tout le personnel et tout le matériel nécessaires. Des sauveteurs westphaliens, une escouade de sapeurs-pompiers parisiens, étaient de même venus offrir leurs concours volontaires, acceptés avec reconnaissance comme de touchants témoignages de solidarité humaine.

La direction des travaux, que le service des mines devait légalement assumer, en utilisant les services de l'exploitant en qualité « d'entrepreneur général », était, dans l'occurrence, rendue particulièrement lourde, par l'immensité et la complexité du champ de la catastrophe

et par le trouble, fort compréhensible d'ailleurs, dans lequel elle avait jeté le haut personnel de la compagnie. Des circonstances spéciales rendaient, en outre, ce concours moins complet qu'il ne l'eût été en d'autres temps. Le précédent ingénieur principal, M. Thiéry, venait de quitter la Compagnie pour prendre la direction de la Compagnie des mines de Douchy (Nord); son successeur, M. Petitjean, n'avait pas encore vu la majeure partie des fosses intéressées et n'avait pas été remplacé dans son ancien service; l'ingénieur de la fosse n° 3, M. Barrault, avait été tué dans l'explosion; l'ingénieur de la fosse n° 2, M. Voisin, s'était grièvement blessé dès le début des travaux de sauvetage et avait dû s'aliter.

2° *Abandon des tentatives de désobstruction du puits et renversement de l'aérage, le* 11 *mars.*

Comme il est de principe que l'on ne fait un sauvetage qu'en marchant l'air dans le dos, tout le monde était nécessairement d'accord pour reconnaître l'intérêt qu'eût présenté la désobstruction du puits 3. Mais on avait dû reconnaître aussi l'impossibilité matérielle de venir à bout de l'obstacle avec un seul câble et un seul panier disponibles, dans un délai acceptable. On a proposé alors l'emploi de la dynamite, la chute d'un lourd contrepoids pour dégager le puits. Les ingénieurs de l'État, responsables du sauvetage, ont écarté ces procédés. Ils ont jugé que la dynamite, employée en quantités de quelque importance, risquait de provoquer un éboulement général du puits, et par petits pétards, de ne donner que des résultats insignifiants, ébranlant la masse des débris sans en faciliter appréciablement l'extraction. Ils ont pensé que la chute d'un poids en fonte risquait tout d'abord de tasser les débris au lieu de les traverser et, par suite, de contrarier, au lieu de le faciliter, le passage de l'air à travers l'encombrement; et, d'autre part, que, si ce poids

venait à dévier après avoir heurté une poutre inclinée un peu résistante, il pouvait aller crever, sinon le cuvelage, qui s'arrête à 97 mètres du jour, du moins la maçonnerie du puits au-dessous du cuvelage, et en provoquer l'effondrement, qui aurait définitivement empêché toute utilisation du puits pour la suite des opérations de sauvetage.

Deux membres de la commission, MM. Cordier et Evrard, ont formulé dans les termes suivants leur opinion sur la question :

« Nous avons noté avec regret que M. Bar, ingénieur en chef de la Compagnie de Courrières, a repoussé la proposition de M. Reumaux, ingénieur, agent général des mines de Lens, qui, aussitôt après la catastrophe, dès son arrivée sur le lieu du sinistre, demandait que l'on défonçât l'enchevêtrement de poutres et de planches qui, à la suite de l'explosion, formait plancher à 170 mètres de profondeur et obstruait complètement le puits n° 3. La faute, à notre sens, est d'autant plus lourde que M. Bar n'objectait que la crainte de voir endommager le cuvelage qui, à cette profondeur, n'existe plus. M. l'ingénieur en chef des travaux du fond Petitjean, le délégué mineur Simon, l'ouvrier mineur Vincent, M. Thiéry, directeur de la Compagnie des mines de Douchy, ont, de leur côté, déploré que l'on ne procédât pas à l'ouverture du puits n° 3, soit par la dynamite, soit par l'envoi d'un poids lourd, cette voie devant être la plus favorable pour les explorations de sauvetage, qui devait être recherchée par les survivants. Les événements qui suivirent confirmèrent du reste ces vues. »

Et plus loin : « Nous sommes amenés à conclure que, du fait du refus de M. Bar de laisser briser l'obstacle-plancher qui obstruait le puits n° 3, la Compagnie de Courrières a encouru la plus grave responsabilité, commettant ainsi la faute inexcusable. »

Les quatre autres membres de la commission ne sau-

raient accepter cette manière de voir. L'utilisation du puits 3 pour le sauvetage immédiat des survivants, qui devaient naturellement, s'ils le pouvaient, se réfugier aux abords de ce puits, devait paraître sans intérêt, après l'exploration du dimanche 11 mars, dans laquelle on avait visité, sans y trouver aucun survivant, tous les accrochages du puits. Eût-on réussi à descendre par le puits 3, au lieu d'y parvenir par le puits 2, on n'aurait pu aller plus loin contre le mauvais air. D'autre part, la conservation du puits n° 3 comme puits d'aérage, à défaut de son emploi comme puits de circulation, présentait pour le sauvetage une importance capitale. Or on connaît, par des exemples historiques, l'énormité des dégâts que peut causer un objet pesant tombant dans un puits ; il peut en amener l'obstruction définitive et irréparable. Il y a lieu d'ailleurs de remarquer qu'au cas, nullement improbable, où l'emploi de moyens violents aurait aggravé la situation au lieu de l'améliorer, on aurait, à bon droit, reproché cet emploi aux ingénieurs qui en auraient assumé la responsabilité.

La majorité de la commission estime, en conséquence, que la décision prise par les ingénieurs, lorsqu'ils renoncèrent à l'emploi de moyens violents pour tenter de dégager le puits 3, ne peut être critiquée. Elle croit à peine nécessaire de relever l'erreur commise par MM. Cordier et Evrard au sujet du rôle qu'ils attribuent à M. Bar. Celui-ci, ingénieur en chef de la Compagnie de Courrières, a naturellement été amené a émettre un avis; il n'avait pas, dans la circonstance, de décision à prendre.

En ce qui concerne le renversement de l'aérage, MM. Cordier et Evrard l'apprécient comme suit : « C'est dans ces conditions que, partant de cette idée fausse qu'il ne pouvait plus y avoir de survivants, alors que des précédents mémorables obligeaient à garder malgré tout toutes espérances, on se décida au renversement de l'aé-

rage ; condamnant définitivement le puits n° 3 comme voie de pénétration et de sauvetage, on le transformait de puits d'entrée de l'air en puits de sortie, on abandonnait du même coup les puits 4 et 11, et cependant, le jour de la catastrophe, à dix heures du soir, des travailleurs étaient remontés vivants par ces fosses. »

Et plus loin : Le renversement de l'aérage eut pour résultat de rendre inaccessible le n° 3 et, s'il n'a pas été nuisible aux survivants, il a pu avoir pour résultat de vicier l'air de certains quartiers en cul-de-sac où il était demeuré jusque-là respirable.

La majorité de la commission doit rappeler d'abord que le renversement de l'aérage n'a été décidé, le 11 mars dans la soirée, qu'après que les hommes connaissant le mieux la mine eurent positivement déclaré qu'il n'y restait plus de vivants, tout au moins dans les parties encore accessibles de la fosse 3. Elle doit rappeler ensuite qu'une considération s'imposait dans les travaux à entreprendre tant pour l'enlèvement des cadavres que pour le sauvetage éventuel de survivants : il fallait aller le plus rapidement possible, par la voie la meilleure, la mieux aérée, au feu originaire du 3, pour le reconnaître et prendre les mesures propres à éviter qu'il ne provoquât une nouvelle explosion. Enfin l'expérience venait de démontrer à nouveau l'exactitude de la règle d'après laquelle on ne peut faire un sauvetage, après un coup de feu, qu'en suivant le courant d'air frais : deux sauveteurs avaient, en effet, été asphyxiés le 10, à la fosse 11, en s'avançant dans le sens inverse du courant allant de la fosse 3 vers la fosse 4, Les autres sauveteurs étaient partout arrêtés par le mauvais air plus encore que par les éboulements. Lors même que l'on aurait encore cru à la présence de survivants, il aurait été absolument impossible d'aller à leur secours sans débarrasser les voies principales du mauvais air qui les rendait inaccessibles.

Dès lors le puits n° 3 ne pouvant servir qu'au passage de l'air, dans un sens ou dans l'autre, et non au passage des hommes, il était tout à fait rationnel de le transformer en puits de sortie d'air et de lui faire aspirer les fumées et les gaz irrespirables qui encombraient les fosses 2 et 4, en faisant de celles-ci des puits d'entrée d'air. Le renversement du courant d'air et la fermeture du puits 3 par un plancher étanche qui en était la condition nécessaire ne prêtent, en conséquence, à aucune critique quelconque. De plus, ni en théorie, ni en fait, ce renversement ne pouvait nuire aux ouvriers survivants. Ces ouvriers ne pouvaient avoir échappé à l'asphyxie qu'à la condition d'être restés dans des quartiers aérés, depuis la catastrophe, par simple diffusion ; peu importait dès lors que le courant d'air passât devant la voie d'accès à leur quartier dans un sens ou dans l'autre. Et, en fait, l'aspiration par la fosse 3 a certainement contribué pour une grande part à débarrasser du mauvais air les bowettes Sud de la fosse et à délivrer ainsi les ouvriers emprisonnés dans le quartier Sud par les gaz irrespirables qui, au début de leur captivité, les empêchèrent d'en sortir et qui empêchèrent également les sauveteurs de parvenir jusqu'à eux le dimanche 11 mars.

Lorsque, dans la soirée du 12 mars, les ingénieurs se furent rendu compte de l'impossibilité pratique de renverser l'aérage de la fosse 4, par suite de l'insuffisance du ventilateur du 3, pour tirer à la fois sur les fosses 2 et 4, c'est encore à bon droit qu'ils se résignèrent à maintenir le puits 4 comme puits de sortie, concurremment avec le puits 3, et à assurer ainsi une bonne entrée d'air par le puits 2. Le choix entre celui des deux puits 2 et 4 qu'il fallait temporairement condamner à être puits de sortie ne comportait, en effet, aucune hésitation et la rentrée par le 2 était infiniment plus indiquée que la rentrée par le 4.

La commission s'est demandé toutefois s'il n'aurait pas été possible, à côté du circuit d'aérage 2-3, d'en établir un autre indépendant 11-4 qui eût permis de rentrer sans retard par la fosse 11, pour attaquer le théâtre de la catastrophe par les deux extrémités opposées. Elle a constaté que M. Delafond s'est posé deux fois cette question, d'abord le 11 mars, puis le 16, et que les deux fois il a été conduit à écarter la solution comme dangereuse, à raison de l'impossibilité pratique d'isoler du circuit 11-4 le feu de la fosse 3, considéré comme cause de la catastrophe, et dont on ignorait absolument le développement; les sauveteurs que l'on aurait engagés dans ce circuit auraient été sous la menace constante d'une explosion ou de l'asphyxie par les gaz toxiques de ce foyer d'incendie. La commission ne peut, dans ces conditions, qu'approuver la prudence de M. Delafond. Elle estime que les précédents de nombreuses catastrophes antérieures la justifient pleinement. A l'appui de cette manière de voir, elle se bornera à citer deux exemples entre beaucoup d'autres.

Le 12 décembre 1866, un coup de feu avait fait 334 victimes au charbonnage d'Oaks Colliery, Yorkshire, Angleterre. Le lendemain, 13 décembre, les sauveteurs furent surpris par une nouvelle explosion : 28 d'entre eux périrent, et l'on dut fermer la mine, sans en extraire ni les cadavres, ni les survivants qui pouvaient y rester.

Le 14 juin 1894, à Karwin (Autriche), une première explosion avait fait 105 victimes. Le lendemain 15 juin, une deuxième explosion tua 70 sauveteurs et l'on dut encore fermer la mine.

Des précédents de ce genre dictent et légitiment la prudence des ingénieurs qui ont la responsabilité de la direction des travaux de sauvetage, et cette prudence s'impose particulièrement lorsque, comme c'était le cas, on croit, à tort ou à raison, qu'il ne reste aucune chance de sau-

ver des vivants et qu'il s'agit uniquement d'aller relever des cadavres.

3° *Consultation insuffisante des délégués à la sécurité des ouvriers mineurs, des porions et chefs porions et des ouvriers eux-mêmes.*

A l'occasion de la discussion de la question précédente, M. Cordier, membre de la commission, a fait remarquer que, dans l'espèce de conseil réuni par M. Delafond pour examiner la situation, on a convoqué ou admis des ingénieurs ou des directeurs de compagnies houillères, mais qu'on a omis d'y appeler les porions survivants et les délégués à la sécurité des fosses intéressées. MM. Cordier et Evrard ont ensuite précisé dans les termes suivants leur pensée sur ce point : « Nous devons faire observer tout d'abord qu'au conseil d'ingénieurs tenu à Courrières-exploitation le 11 mars, le lendemain de la catastrophe, conseil auquel assistaient vingt-cinq ingénieurs, on ne fit appel aux lumières, à l'expérience et aux connaissances pratiques d'aucun délégué mineur. »

Et plus loin : « Le 16 mars... un nouveau conseil des ingénieurs du corps des mines et d'ingénieurs des compagnies voisines se réunit... Malgré les ordres du ministre, les délégués mineurs ne sont pas consultés, etc... »

La majorité de la commission fait remarquer d'abord que c'est à tort que MM. Cordier et Evrard invoquent des ordres du ministre qui n'auraient pas été observés. A la date du 15 mars, une dépêche de M. le ministre des travaux publics a invité M. l'inspecteur général Delafond à « poursuivre l'enquête, en associant à cette enquête le concours direct des délégués mineurs des circonscriptions intéressées ». A aucun moment M. le ministre n'a donné à M. Delafond l'ordre de consulter les délégués mineurs sur l'organisation des opérations de sauvetage.

Examinant ensuite le fond de la question, la majorité de la commission constate que les porions ne connaissent bien, en général, que le quartier de la mine auquel ils sont préposés ; que les chefs porions ne connaissent qu'une fosse et qu'il en est de même en ce qui concerne les délégués à la sécurité des ouvriers mineurs. Outre les ingénieurs, M. Delafond a réclamé le concours des géomètres et notamment du vérificateur en chef de la Compagnie, lequel connait parfaitement l'ensemble des travaux souterrains et pouvait mieux que tout autre expliquer les plans exécutés sous sa direction. Quant aux délégués, ils avaient eu l'occasion, dans la journée, de faire connaître leur avis. Celui donné par Simon, dit Ricq, avait même pesé d'un grand poids dans la décision qui a été prise : c'est, en effet, la déclaration très formelle de ce délégué qui a fait admettre par tout le monde l'absence de survivants dans la fosse 3.

Un membre de la commission fait d'autre part remarquer que, spécialement consultés ou non, les délégués mineurs ont toujours le droit et la faculté de se faire entendre. Il leur suffit, à cet effet, de consigner leur avis sur leur registre et d'en remettre, séance tenante, une copie à l'ingénieur qui dirige le sauvetage.

Dans ces conditions, la majorité de la commission estime que le reproche formulé par la minorité n'est pas fondé.

4° *Construction des barrages des bowettes* 340 *et* 306 *à la fosse n°* 2.

Le puits 2 ayant été, le lundi 12 mars, choisi comme voie d'accès pour le relèvement des cadavres des fosses 2 et 3, en attendant que l'on pût ensuite, probablement par un deuxième renversement du courant d'air, aborder l'enlèvement des cadavres du puits 4 et des quartiers

du puits 3 situés entre le 3 et le 4, deux voies pouvaient être suivies pour s'avancer graduellement du 2 vers le 3, celle de Joséphine 326 et celle de Julie-Mathilde à 280. La première, plus directe, semblait devoir être la plus facile, en même temps qu'elle permettait de remonter immédiatement de nombreux cadavres : or on ne pouvait s'avancer en laissant ceux-ci derrière soi, à cause de l'odeur insupportable qu'ils dégageaient déjà quarante-huit heures après la catastrophe. M. Delafond, d'accord avec les ingénieurs de la Compagnie, choisit naturellement la voie de Joséphine. Et l'on serait très rapidement arrivé par là à des résultats complets, sans l'incendie du 15 mars, malgré les éboulements rencontrés plus nombreux qu'on ne l'avait pensé d'abord.

L'incendie s'étant déclaré dans Joséphine, on ne pouvait évidemment passer outre ; c'eût été exposer les sauveteurs aux plus graves dangers. Il fallait de toute nécessité ou maîtriser le feu par une lutte directe, ou le barrer temporairement et chercher une autre solution. N'ayant à sa disposition aucune des installations indispensables pour organiser immédiatement la lutte directe et l'arrachage du feu, ne pouvant, par suite des difficultés d'accès, aller barrer au ferme au voisinage du foyer, M. Delafond dut, en attendant mieux, faire barrer la bowette de 340 qui donnait un accès direct à l'air, ainsi que la bowette de 306, par laquelle il estimait que l'air pouvait aussi, en suivant des cassures du terrain, venir aviver l'incendie. Tandis que s'exécutaient ces barrages destinés à arrêter la propagation du feu, M. Delafond approfondissait la question qu'il avait dû résoudre d'extrême urgence, sous peine de compromettre toute la suite des opérations de sauvetage et la possibilité même de les continuer. Cette étude approfondie, pour laquelle il consulta les hommes les plus compétents en matière de feu accourus à son appel, lui prit deux jours. On ne

peut lui reprocher de n'avoir pas improvisé la solution à laquelle elle a abouti, c'est-à-dire la lutte directe contre l'incendie, en vue de pouvoir continuer à avancer dans Joséphine sans exposer les sauveteurs à un danger certain.

MM. Cordier et Evrard, ayant appris au cours des opérations de la commission la consultation dont nous venons de parler, et à laquelle les délégués mineurs n'avaient pas été appelés, parce qu'aucun d'eux n'était connu par une compétence particulière en matière de lutte contre les incendies de mines, n'hésitent pas à dire que « ce fait donne bien à tous l'impression qu'il ne s'agit dans cette consultation que de sauver la mine et qu'il n'y a plus chez les ingénieurs aucune préoccupation de sauvetage de mineurs survivants ».

La majorité de la commission croit presque inutile de relever une pareille accusation. Elle profite cependant de l'occasion pour affirmer à nouveau, comme M. le ministre des travaux publics l'a déjà fait à la Chambre des députés le 3 avril, que M. Delafond s'est toujours exclusivement préoccupé de la mission qui lui incombait à l'égard des victimes, sans songer un seul instant à sauver quelques tonnes ou quelques milliers de tonnes de charbon.

Et plus loin, MM. Cordier et Evrard déclarent : « L'établissement du barrage 306, isolant du n° 2 les n°s 3, 4 et 11, emmurait définitivement tous ceux qui avaient pu survivre après l'explosion. »

La majorité de la commission se rend parfaitement compte, dans le système de prudence justifiée adopté pour le programme des travaux, des raisons qui ont fait établir le barrage de 306. Dans l'insuffisance des renseignements sur les communications exactes pouvant exister entre les couches, on avait pu craindre un accès d'air indirect sur l'incendie par des cassures du terrain. Il semble en réalité que ce barrage fût moins nécessaire qu'il n'a paru ;

l'air entrant par 306 serait allé directement, suivant toute apparence, à la fosse 3 par la communication de Julie-Mathilde à 280. Mais la commission doit ajouter d'abord que, si cette opinion peut aujourd'hui être nettement formulée, après que l'on est rentré dans Julie sans que l'incendie se soit ravivé de ce fait, on n'aurait pas été aussi affirmatif le 17 mars ; puis, que l'exécution du barrage de 306 n'a, dans tous les cas, nui à qui que ce soit, le barrage ayant été rouvert vingt-quatre heures au moins avant que les survivants sortis le 30 mars se soient dirigés vers la communication de Julie-Mathilde.

M. l'inspecteur général Delafond ayant fait construire le barrage de 306 le 15 mars, et ne l'ayant pas fait rouvrir, après le 17, en même temps que ceux de 340, M. l'ingénieur en chef Léon, qui reprit le service le 20 mars, et M. l'ingénieur Weiss, qui lui fut adjoint le 22, doivent-ils être blâmés de l'avoir laissé subsister jusqu'au 27 mars ? La majorité de la commission ne le pense pas. Elle est heureuse seulement de constater que la réouverture avait eu lieu en temps utile pour que l'existence temporaire de ce barrage n'ait porté aucun préjudice aux survivants sortis le 30 mars et félicite M. Weiss d'avoir pris l'initiative de la proposer. Pour prévenir tout malentendu, elle ajoute que cette réouverture avait pour but l'établissement simultané de deux voies de communication de la fosse 2 vers la fosse 3, non en vue d'ouvrir un passage à des survivants dont on ne soupçonnait pas l'existence, mais afin de permettre, le cas échéant, d'utiliser la voie de Julie comme retour de l'air entrant par Joséphine, à la condition d'établir entre les deux voies un recoupage qui n'existait pas encore. C'est dans ce but que l'on a commencé à relever la communication aussitôt que l'on a constaté une diminution sensible de l'incendie de Joséphine.

5° *Reprise, après le 30 mars, d'explorations étendues et multipliées qui avaient été abandonnées à partir du* 11 *mars.*

On a reproché aux ingénieurs de n'avoir pas tenté dès le début les explorations qui ont été effectuées depuis le 30 mars. Ce reproche tombe immédiatement, si l'on veut bien se rappeler quelques considérations qu'il nous suffira de résumer. Dans tous les sauvetages, et celui de Courrières l'a montré les 10 et 11 mars, il est des imprudences devant lesquelles le dévouement des sauveteurs ne recule pas, en présence de certains faits tels que la sortie de treize ouvriers, le 30 mars. Puis cette sortie elle-même avait montré que le feu du 3 n'était plus de nature à imposer les craintes que l'on était autorisé à avoir au début; d'autre part, le feu de Joséphine se trouvait en partie déjà maîtrisé; enfin, si l'on a été assez heureux, jusqu'au 18 avril, pour ne pas avoir un nouvel accident, peut-être une nouvelle catastrophe, à déplorer, il faut s'en féliciter, sans oublier, après les exemples du passé que nous avons rappelés, que l'on ne peut reprocher à ceux qui ont la responsabilité de pareils travaux de n'avoir pas fait courir aux sauveteurs des dangers inadmissibles.

MM. Cordier et Evrard se sont demandé à nouveau, à propos de ces explorations postérieures au 30 mars, et notamment à propos de celles qui ont été faites par la fosse 11, « si, dans ces descentes des 2, 3 et 4 avril, on ne se préoccupait pas exclusivement d'explorations en vue des travaux de réparation, sans souci de recherches vers des survivants possibles ».

Devant de pareilles assertions et malgré le caractère trop évidemment tendancieux qui devrait peut-être les faire écarter sans discussion, la majorité de la commission a jugé nécessaire de rechercher avec précision en quoi avaient consisté les explorations des 2, 3 et 4 avril

à la fosse 11, entreprises aussitôt qu'il a été possible après la sortie des treize survivants du 30 mars, par MM. Leprince-Ringuet et Heurteau, ingénieurs de l'Etat; Bar, Petitjean, Domézon, Bousquet, Storet, ingénieurs de la Compagnie, et Dacheville, délégué à la sécurité des ouvriers mineurs. Elle constate que la seule présence de ce dernier fournirait, si celle des ingénieurs de l'Etat ne paraît plus offrir des garanties suffisantes, l'assurance que c'était bien pour rechercher des vivants, s'il en restait, que l'on s'aventurait, au mépris de dangers réels, au milieu de galeries éboulées, dans une atmosphère empoisonnée par les émanations cadavériques. Elle doit, en conséquence, protester avec énergie contre l'accusation dont MM. Cordier et Evrard n'ont pas craint d'assumer la responsabilité. Il est vrai que, le 4 avril au matin, le survivant Berthon était arrivé par ses propres moyens à la bowette de 331, par un bure venant de la veine Amé et par la voie de fond de Marie levant, à un moment où une équipe de boiseurs, placée le 3 avril, commençait à consolider le boisage de l'entrée de cette voie; la mine est si étendue et avait été si bouleversée par l'explosion que l'on ne peut s'étonner que les sauveteurs n'eussent pu encore, le 4 avril au matin, en explorer à fond tous les quartiers. L'exploration complète a coûté la vie d'un sauveteur le 18 avril; elle n'a pu être achevée que le 30 avril.

6° *Observations présentées au sujet des ouvriers qui ont pu périr dans la mine depuis la catastrophe.*

La commission a naturellement été amenée à rechercher, dans la mesure où il lui a été possible de le faire, si des ouvriers ont péri dans la mine après la catastrophe et si, dans le cas de l'affirmative, la mort de ces ouvriers peut être reprochée aux ingénieurs qui ont dirigé le sauvetage.

MM. Cordier et Evrard n'ont pas hésité à répondre

affirmativement à cette double question, dans les termes suivants :

« Le 31 mars, l'équipe Blaise, Simon, Pélabon trouve à l'accrochage de 303 du puits n° 3 quatre cadavres là où il n'y en avait qu'un seul le 10 mars. Surmont (Charles), employé de la Compagnie de Courrières, surveillant de la fosse n° 2, a fait une déposition analogue. Il a déclaré devant la commission avoir vu, après la sortie des treize « escapés » dans la voie de Julie, onze cadavres là où il n'y en avait pas le 10 mars.

..... « Le 4 avril... dans la fosse n° 4... nous avons fait une exploration à l'accrochage 331, parcourant par la bowette du Midi les veines Joséphine, Sainte-Barbe en partie et Cécile.

« Nous trouvons d'abord les cadavres de mineurs nus jusqu'à la ceinture et vraisemblablement surpris pendant le travail ; mais plus loin, dans les veines Sainte-Barbe et Cécile, nous rencontrons des cadavres d'ouvriers qui s'étaient rhabillés ; dans Cécile, nous constatons que certaines buses d'aérage ont été bouchées, l'une par des vêtements placés en face, l'autre par un bouchon de charbon, une « stouppée ». Çà et là, nous trouvons des malettes, des boutelots, une boite à œufs ouverte, et vides de leur contenu. Ce sont là des preuves évidentes que ces hommes ont lutté, ont tenté de se sauver, ont voulu, attendant du secours, empêcher le mauvais air d'arriver jusqu'à eux, se sont sustentés.

« La découverte de nouveaux cadavres après la reprise des travaux de sauvetage là où il n'y en avait pas le 10 et le 11 mars, la sortie des « escapés », la situation des morts retrouvés par nous-mêmes, leurs tentatives de préservation prouvent absolument que des malheureux ont erré dans le dédale des fosses sans qu'on soit allé au-devant d'eux depuis le 10 mars, jour de la catastrophe, jusqu'au 4 avril. »

La majorité de la commission a le regret de constater que les faits relevés par MM. Cordier et Evrard dans la visite qu'ils ont jugé devoir faire isolément à la fosse 11, le 4 avril, ont été mal interprétés par eux et qu'un peu plus de circonspection leur eût évité une erreur de réelle importance. Le quartier qu'ils ont visité occupait, le 10 mars, huit ouvriers, savoir : dans Cécile 2e branche à l'Est du recoupage, Sevin et Châtelain, aérés par des buses avec de l'air venant du recoupage ; à l'avancement de ce dernier, Laurent et Lefèvre, aérés par une buse partant de la porte qui barrait le recoupage avant Sainte-Barbe ; dans Sainte-Barbe couchant, 2e branche, Delplanque, Danel, Broy et Lucas, aérés par une buse dont une dérivation allait à un front, tandis que la branche principale allait à l'autre. De ces huit ouvriers, deux, Delplanque et Broy, se sont sauvés le 10 mars au soir, comme M. l'ingénieur Domézon l'a raconté à la commission dans sa déposition du 2 avril. Les dépositions signées de Delplanque et de Broy, recueillies par le service des mines les 17 et 19 mars, sont formelles : ce sont eux et leurs six camarades qui ont bouché les buses pour empêcher les fumées d'envahir leurs chantiers. Trois d'entre eux firent une première tentative pour s'échapper par le recoupage ; l'un d'eux périt dans cette tentative, et un second, Broy, faillit avoir le même sort. A huit heures et demie du soir, les sept survivants, sentant le mauvais air arriver jusqu'au front où ils s'étaient réfugiés, résolurent de chercher à passer coûte que coûte ; trois tombèrent dans la voie même de Sainte-Barbe (2e branche), où l'on a retrouvé leurs corps, deux dans le recoupage ; Broy et Delplanque seuls parvinrent à l'accrochage ; ils ont affirmé depuis n'avoir entendu à aucun moment d'appels quelconques pouvant provenir d'autres survivants. Enfermés à leur chantier de cinq heures du matin à huit heures et demie du soir, il n'est pas étonnant que ces huit ouvriers se

soient quelque peu sustentés au moyen des provisions de leurs malettes, de leurs boutelots et des œufs que l'un ou l'autre d'entre eux avait pu apporter pour son repas du matin.

En ce qui concerne la fosse n° 3, deux faits ont été avancés. D'après MM. Cordier et Evrard, M. Surmont, employé de la Compagnie de Courrières, aurait déclaré devant la commission avoir vu onze morts dans le passage de Julie, où il n'y en avait pas le 10 mars. Bien que la déposition de Surmont ait été immédiatement après rectifiée par celle du vérificateur Blaise et qu'elle ne figure pas avec cette précision dans les notes prises par le secrétaire et transformées par lui en procès-verbal, la commission a dû l'examiner à nouveau. Le délégué mineur Simon, dit Ricq, dans ses explorations des 10 et 11 mars, M. Leprince-Ringuet le 11 mars, ont vu et noté huit cadavres dans la voie de fond de Julie à 280, et trois dans la bowette, à l'entrée de Julie, soit au total onze cadavres, dont sept ont été reconnus dès ce moment et quatre sont restés non reconnus. Le délégué Simon a formellement déclaré depuis lors n'avoir pas vu, le 30 mars, d'autres cadavres que ceux déjà vus par lui le 10 et le 11. Surmont, interrogé à nouveau par les ingénieurs, a déclaré en avoir vu, non pas *onze*, mais *un* nouveau; il a d'ailleurs reconnu qu'il avait pu passer à côté le 11 mars sans le remarquer. Le fait signalé reposant uniquement sur une déclaration mal formulée ou mal comprise de Surmont, et démenti par les témoins les plus dignes de foi, paraît à la majorité de la commission ne pas devoir retenir l'attention.

L'autre fait, celui des corps trouvés à l'accrochage 303 de la fosse n° 3, paraît au contraire exact. Les 10 et 11 mars, le délégué Simon et le porion contrôleur Pélabon n'avaient vu, près de l'accrochage 303 de la fosse n° 3, qu'un cadavre et n'avaient pu le reconnaître. Le 30 mars, on y trouva cinq cadavres : celui déjà vu le 10 et quatre autres

trouvés assis et plus ou moins penchés entre les portes de l'accrochage.

Ils furent remontés et autopsiés le 14 avril. M. le procureur général près la Cour d'appel de Douai a eu l'obligeance de communiquer à la commission le rapport des médecins légistes commis par la justice. Il résulte de ce document que :

Le cadavre 242 présentait des brûlures sur toute la face et sur le thorax ;

Le cadavre 243 portait un maillot complètement brûlé laissant presque à nu le thorax, qui était le siège de brûlures très étendues ; d'autres brûlures siégeaient à la face, à l'abdomen, aux deux jambes ;

Le cadavre 244 portait des brûlures sur la face, le thorax, l'abdomen et les deux jambes ;

Le cadavre 245 avait la figure protégée par un fichu de laine à moitié brûlé, les parties du visage non recouvertes par ce fichu étaient le siège de brûlures étendues ; le thorax présentait de nombreuses brûlures, ainsi que le ventre et les deux jambes.

Et le rapport conclut comme suit : « Nous concluons que ces quatre ouvriers ont été d'abord brûlés et que la mort doit être attribuée à l'empoisonnement par l'oxyde de carbone. L'état des brûlures, qui ne présentaient aucun travail de réparation, indique bien que le décès n'est pas postérieur au 10 mars. »

En présence d'une affirmation aussi formelle, il semble que l'on doive admettre ou tout simplement que ces quatre malheureux se trouvaient déjà, le 10 mars, au point où on les a retrouvés le 30, et qu'une circonstance quelconque avait empêché de les y voir ; ou, tout au moins, qu'ils n'ont que peu survécu à l'intoxication qui avait suivi l'explosion et sont venus mourir à l'accrochage du puits 3, peu après l'exploration du 11 mars, comme ils seraient morts en tout autre point de la mine.

Et, à vrai dire, si douloureuse que soit cette constatation, on doit reconnaitre qu'il y a peu de grandes explosions où les victimes de l'asphyxie après l'explosion ne soient plus nombreuses parfois que celles du coup de feu proprement dit. C'est là un fait général et bien connu, qui s'est produit à Courrières comme ailleurs. La preuve s'en trouve dans les récits mêmes des survivants : Broy et Delplanque, dont nous avons parlé plus haut, appartenaient à une équipe de huit ouvriers, dont six ont été asphyxiés plus de douze heures après l'explosion ; les treize escapés du 30 mars appartenaient à des équipes dont l'une a perdu cinq hommes, qui se sont endormis dès le premier jour sous l'action de l'acide carbonique et ne se sont pas réveillés, et dont l'autre a perdu trois hommes le deuxième ou le troisième jour, ainsi qu'il appert des dépositions des survivants recueillies par la justice et communiquées par elle à la commission ; Berthon, le survivant sorti le 4 avril, faisait partie d'une équipe nombreuse qui a semé des victimes sur son chemin en se sauvant. D'une manière générale, s'il y a eu beaucoup d'ouvriers atteints directement par les flammes, il est certain que beaucoup d'autres ont été empoisonnés par l'oxyde de carbone ou asphyxiés par l'acide carbonique, les uns à leurs chantiers mêmes envahis par le mauvais air, les autres pendant qu'ils cherchaient leur salut dans la fuite.

Mais ce que l'on peut dire, c'est que les ouvriers qui ont ainsi succombé se sont en général endormis dans la mort, sans subir les souffrances qu'ils auraient eu à endurer s'ils avaient été enfermés, par exemple, dans un espace étroitement clos, où ils auraient été torturés par la faim ou par la raréfaction graduelle de l'air respirable.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

En résumé, de l'enquête à laquelle elle a procédé et de la discussion à laquelle elle a soumis les faits établis par cette enquête, la commission n'a pu tirer des conclusions unanimes.

Les conclusions de MM. Cordier et Evrard sur chacun des points examinés ont été textuellement reproduites et discutées dans le corps du présent rapport.

La majorité de la commission, composée de MM. Carnot, Aguillon, Nivoit et Kuss, a été amenée aux constatations et appréciations suivantes sur les opérations de sauvetage et sur la conduite des travaux depuis la catastrophe jusqu'à la date du 8 avril.

1° Les travaux ont été, dès le début, effectués par les ingénieurs de l'Etat en conformité avec les dispositions légales qui régissent les mines en pareil cas.

La responsabilité d'aucun agent de la Compagnie ne peut être mise en cause à cet égard.

Les délégués à la sécurité des ouvriers mineurs n'avaient pas à être légalement entendus ; ils pouvaient présenter toutes leurs observations par inscription sur leurs registres ; ils n'ont pas usé de cette faculté.

2° Aucun indice ne permet de supposer que des mineurs ayant survécu à l'asphyxie des premiers jours aient péri ultérieurement dans la mine faute de secours qu'il eût été possible de leur donner. L'autopsie a, en effet, démontré que les mineurs que l'on a prétendu être morts longtemps après la catastrophe ont été brûlés et asphyxiés dès le début.

Les tentatives de préservation dont on a relevé des traces dans les travaux ont été effectuées par des ouvriers sauvés ou morts dès le premier jour.

Les huit mineurs qui se trouvaient à l'origine avec les

treize escapés du 30 mars ont péri asphyxiés, cinq le premier jour, trois le second ou le troisième en essayant de gagner le puits.

Les survivants n'ont rencontré dans la mine aucun être vivant.

3° Les travaux de sauvetage étaient particulièrement difficiles par suite de l'étendue exceptionnelle et de l'enchevêtrement des galeries sinistrées.

Le programme et les moyens adoptés pour l'exécution de ces travaux ont été conformes aux règles de l'art et se sont trouvés imposés par les circonstances mêmes de l'accident.

La désobstruction du puits 3 par des moyens violents ne devait pas être adoptée en raison des dangers qu'ils pouvaient présenter et des conséquences particulièrement graves qui en pouvaient résulter pour la suite des opérations de sauvetage.

Le puits 3 se trouvant inaccessible pour la circulation, le renversement du courant d'air était justifié par les appréhensions que l'on était fondé à avoir, d'après les dires des délégués notamment, sur l'intensité et partant les dangers du feu de Cécile; il permettait d'avoir, dans cette éventualité, l'aérage le plus rationnel; il a contribué à faire disparaître les gaz méphitiques qui avaient empêché, les premiers jours, de pénétrer jusqu'aux treize escapés.

L'établissement des barrages dans les bowettes d'accès à Joséphine et à Julie a été nécessité par le nouveau feu qui s'était déclaré dans Joséphine après l'accident; ce feu créait une situation particulièrement périlleuse pour les ouvriers employés aux travaux de sauvetage et exigeait une marche spécialement prudente pour éviter une nouvelle catastrophe, tant que l'on ne s'en était pas rendu suffisamment maître.

Ces barrages, pendant le temps qu'on a cru leur maintien nécessaire, n'ont du reste nui à aucun survivant.

4° En conséquence, la majorité de la commission pense qu il ne peut être fait aucun reproche à qui que ce soit pour l'organisation et la conduite des travaux qui ont été effectués après la catastrophe.

Lecture ayant été donnée du rapport qui précède à la commission réunie au complet, le mardi 8 mai, à Douai, MM. Cordier et Evrard reconnaissent que leurs conclusions personnelles y sont fidèlement reproduites; ils déclarent ne pas pouvoir les modifier.

Le président de la commission,
Signé : CARNOT.

Le secrétaire de la commission,
Signé : KUSS.

ANNEXE B.

AVIS DU CONSEIL GÉNÉRAL DES MINES SUR L'ACCIDENT DES MINES DE COURRIÈRES DU 10 MARS 1906.

Après avoir, dans sa séance du 3 mai 1907, entendu la lecture du rapport de M. l'Inspecteur général Delafond (*) sur la catastrophe de Courrières du 10 mars 1906, et après en avoir délibéré dans ses séances des 10 et 17 mai 1907,

Le Conseil,

En ce qui concerne l'accident en lui-même et la question des responsabilités :

Considérant que si, comme il va être dit, il n'a pas été possible, malgré les investigations les plus persévérantes et les plus attentives, d'établir la cause exacte de l'inflammation initiale qui a déterminé la catastrophe du 10 mars 1906, il ne peut être contesté que son extension paraît due à la propagation, par suite de circonstances diverses, de l'inflammation des poussières dans toute l'étendue du champ d'exploitation des fosses n° 2, n° 3 et n° 4-11, sur une longueur de 3 kilomètres environ et une largeur égale par places à 1.500 mètres;

Considérant, en ce qui touche l'inflammation initiale, que si tout concorde à indiquer qu'elle a eu son point de départ dans la galerie Lecœuvre, sans d'ailleurs qu'on puisse l'affirmer avec une absolue certitude, il demeure impossible d'établir si cette inflammation doit être imputée à une venue inopinée de grisou, ou bien à l'explosion d'un coup de mine, ou encore à celle d'un paquet d'explosifs, et qu'on ne peut faire à cet égard que des hypothèses;

Que, dans ces conditions, ni l'emploi dans la galerie Lecœuvre de lampes à feu nu, au lieu des lampes de

(*) Rapport où se trouvaient résumés les faits et constatations ci-dessus exposés.

sûreté dont il aurait dû être fait usage dans ce chantier aux termes de l'article 74 du règlement du 8 février 1905, ni l'emploi d'explosifs Favier n° 1 au lieu des explosifs de sûreté qui auraient dû, semble-t-il, être employés en vertu de l'arrêté préfectoral du 25 mars 1898, ne sauraient être retenus comme ayant eu avec l'accident un rapport certain de cause à effet, et comme susceptibles d'en faire imputer la responsabilité à la Compagnie exploitante ;

Considérant qu'il ressort, d'autre part, de toutes les constatations faites comme des expériences auxquelles il a été procédé, que la cause de l'accident ne saurait être cherchée dans l'incendie de la veine Cécile,

Et que cet incendie, dont l'importance a été considérablement exagérée et contre les dangers duquel toutes les mesures nécessaires avaient d'ailleurs été prises, ne constituait pas par lui-même une cause sérieuse de danger de nature à faire interdire l'accès de la mine aux ouvriers,

Qu'il n'y a donc de ce chef aucune responsabilité engagée ;

Considérant que l'on peut toutefois relever comme ayant contribué pour une part notable à la gravité de la catastrophe certaines dispositions d'ordre général, consistant notamment dans la communication librement établie entre les fosses n° 2, n° 3 et n° 4-11 et dans l'imperfection de l'aérage, résultant à la fois d'un mode de distribution peu régulier et de l'absence de remblais dans les grandes couches,

Que la propagation de l'explosion sur une étendue aussi vaste a été en effet la conséquence de ce fait que les champs d'exploitation des trois fosses en question communiquaient largement entre eux,

Que, d'autre part, le nombre des ouvriers asphyxiés eût été sans doute moins considérable si le courant d'air avait été plus actif et si la marche en avait été mieux

assurée, de telle façon qu'il pût se rétablir de lui-même après l'accident et balayer les gaz méphitiques, tandis qu'il a été complètement désorganisé par la destruction du goyot de la fosse n° 3, ainsi que des trop nombreuses portes de distribution,

Mais qu'à vrai dire ces dispositions ne se sont révélées comme aussi vicieuses que par le fait même de la catastrophe ;

Que, la mine de Courrières n'étant pas grisouteuse, la division de la mine en quartiers indépendants et d'étendue limitée ne semblait pas s'imposer, non plus que la régularisation de l'aérage, la communication entre les différentes fosses paraissant au contraire justifiée par des considérations de sécurité, notamment afin d'assurer la sortie du personnel en cas d'accident à l'une d'elles, tel notamment qu'un coup d'eau,

Qu'en ce qui regarde le danger des poussières, ni les expériences faites ni les enseignements de la pratique ne permettaient de soupçonner, dans une mine non grisouteuse, la possibilité d'une inflammation d'une semblable importance, les explosions de poussières seules, en l'absence de grisou, précédemment enregistrées en France, ne s'étant jamais étendues que jusqu'à des distances de 50 à 80 mètres de leur point d'origine, exceptionnellement de 180 mètres à la mine de Decize (accident du 18 février 1890) ;

Qu'ainsi ces dispositions, pour critiquables qu'elles paraissent aujourd'hui, à raison des conséquences qu'elles ont eues, ne pouvaient, avant la catastrophe, être incriminées ;

Est d'avis que c'est avec raison que les ingénieurs du service local ont conclu que l'affaire ne pouvait comporter de suites judiciaires ;

En ce qui concerne les enseignements à tirer de l'accident et les suites administratives qu'il peut comporter :

Considérant qu'il ressort de la catastrophe de Courrières que des mines de charbon non grisouteuses peuvent, du fait des poussières, être exposées, dans des circonstances qu'il est, d'ailleurs, actuellement impossible de préciser, aux mêmes dangers que les mines à grisou,

Qu'il y a, en conséquence, lieu de prendre désormais pour toutes les mines de charbon les mêmes mesures de sécurité que pour les mines à grisou, sauf à accorder les dérogations nécessaires, le cas échéant, lorsque les poussières seraient de nature, par leur absence d'inflammabilité, à exclure tout risque d'accident ;

Qu'en ce qui regarde les dispositions générales à adopter pour l'aménagement des exploitations, il importera par suite de se préoccuper à l'avenir pour toutes ces mines :

De l'emplacement relatif à donner aux différentes fosses d'une même mine ;

De la séparation à établir entre les champs d'exploitation de ces fosses, et, s'il y a lieu, entre les différents quartiers d'un même champ, l'étendue de ces quartiers étant limitée de manière à restreindre autant que possible les conséquences d'un accident éventuel, et la séparation étant réalisée, conformément à l'avis émis le 15 novembre 1906 par la Commission du grisou, au moyen de portes en fer s'ouvrant en sens inverse, capables de résister à une pression d'au moins 5 kilogrammes, et pouvant, s'il y avait lieu, être fermées à clef, avec clefs des deux côtés,

Enfin de la distribution méthodique des courants destinés à assurer l'aérage dans chaque quartier ;

Qu'il y a lieu, dans le même ordre d'idées, de supprimer désormais les goyots d'aérage, de supprimer de même l'exploitation par foudroyage, ou tout au moins d'en réduire l'application dans la mesure compatible avec la possibilité de se procurer des remblais ;

Qu'il y a lieu également de prescrire dans toutes les mines la suppression des lampes à feu nu, ainsi que l'em-

ploi exclusif des explosifs de sûreté, avec allumage par des boute-feux spéciaux ;

Considérant, d'ailleurs, que les mesures qui viennent d'être énumérées ont déjà été prescrites, pour toutes les houillères du Nord et du Pas-de-Calais, partie par les arrêtés préfectoraux des 7 et 18 septembre 1906, partie en suite de l'avis émis par le Conseil le 3 novembre suivant, et qu'il est procédé en ce moment à l'instruction nécessaire pour leur application à toutes les autres mines de France ;

Considérant que, conformément aux conclusions du rapporteur, et les mesures relatives aux appareils respiratoires à employer pour le sauvetage en cas d'accident ayant été prescrites par arrêté ministériel du 15 avril 1907, il reste encore à se préoccuper, d'une part, de la question des poussières elles-mêmes et des mesures à prendre en ce qui les concerne, et, d'autre part, de la question des explosifs de sûreté à employer dans les mines à grisou ou à poussières ;

Considérant, en ce qui regarde les poussières, qu'il ressort des constatations faites à la suite d'accidents récents survenus dans le bassin de la Sarre que si, comme dans certaines parties de la mine de Courrières, des tronçons un peu étendus de galeries suffisamment humides paraissent avoir fait obstacle à la propagation de l'inflammation, il n'est pas certain que l'arrosage continu de semblables tronçons suffise toujours à arrêter le passage des flammes,

Qu'en tout cas il paraît établi que l'arrosage des poussières à intervalles tant soit peu éloignés constitue une mesure de précaution illusoire, l'évaporation, sous l'influence du courant d'air, pouvant suffire au bout de deux à trois heures, à le rendre inefficace ;

Considérant, d'autre part, qu'il semble résulter des constatations faites à Courrières, particulièrement dans les veines minces où les poussières étaient, par suite du coupage du mur, formées de schistes en même temps que de

charbon, et où l'inflammation ne s'est pas propagée, que la schistification des poussières, ou leur mélange à toute autre matière inerte, pourrait constituer peut-être un moyen pratique de parer au risque de leur inflammation.

Et qu'avant de prescrire administrativement des mesures telles que l'arrosage continu de portions de galeries plus ou moins étendues, dont l'efficacité n'est pas hors de doute et dont la réalisation ne laisse pas d'offrir des difficultés et des inconvénients de plus d'une sorte, il paraît indispensable que la question fasse l'objet d'une étude spéciale;

Considérant, en ce qui regarde les explosifs de sûreté, qu'il est nécessaire de se préoccuper non seulement de la question de la limitation des charges, mais de la composition même desdits explosifs pour laquelle ont été mises en avant deux théories contradictoires, les produits de la déflagration ne devant pas contenir, suivant l'une, de gaz combustibles, pour ne pas contaminer l'atmosphère et en augmenter la teneur en éléments dangereux; ne devant pas, suivant l'autre, contenir de gaz comburants, tels que l'oxygène, ces gaz, à haute température, risquant d'allumer le grisou ou les poussières, s'il y en a;

Qu'il est donc nécessaire qu'il soit procédé à une étude à cet égard, en vue de rechercher, d'une façon générale, quels sont les explosifs à la fois les plus sûrs et les plus avantageux sous le rapport de l'effet produit;

Est d'avis, les autres mesures nécessaires ayant déjà fait l'objet de prescriptions récentes, ou donnant lieu en ce moment à une instruction administrative sur le point d'aboutir, qu'il y a lieu de demander à la Commission du grisou, déjà saisie d'ailleurs de l'étude des poussières charbonneuses ainsi que de l'étude des explosifs, d'une part, de procéder aux études nécessaires et de donner son avis sur cette question des dangers des poussières et des moyens d'y remédier, envisagée non seulement au point de vue de l'arrosage ainsi que l'a proposé

le rapporteur, mais au point de vue plus général indiqué dans les observations qui précèdent;

D'autre part, de faire connaître aussitôt qu'elle le pourra son avis sur la question, dont elle a déjà commencé à s'occuper, des explosifs de sûreté, de leur composition, de l'emploi éventuel de nouvelles formules, des conditions de leur emploi, et, sans attendre que son étude ait abouti, son avis spécial sur la question de la limitation des charges qu'il conviendrait de prescrire quant à présent pour les explosifs actuellement en usage;

Est en outre d'avis qu'étant donné les publications déjà faites à l'étranger sur la catastrophe de Courrières, et à raison des enseignements techniques qui ressortent du simple exposé des faits constatés, il convient que cet accident fasse l'objet d'une publication dans les *Annales des mines*, et qu'il y a lieu d'inviter M. l'ingénieur des mines Heurteau à préparer le travail nécessaire en vue de l'insertion dans le recueil;

En ce qui concerne les opérations du sauvetage et les constatations y relatives postérieures à la clôture de l'enquête confiée à la Commission spéciale présidée par M. l'Inspecteur général Carnot:

Considérant que les constatations finales relatives à l'incendie survenu dans la veine Cécile ont établi que cet incendie n'a consisté qu'en un feu de boisages peu étendu, ayant brûlé quelque 2.000 kilogrammes de bois, infiniment moins important et moins inquiétant par conséquent que ne l'avaient donné à penser les témoignages fournis au début des opérations de sauvetage, notamment par le délégué mineur de la fosse n° 3,

Que ces témoignages ont lourdement pesé sur toutes les décisions prises, en faisant croire à une imminence de danger qui était loin d'avoir la gravité qu'on lui attribuait;

Et regrettant les entraves ainsi apportées par l'exagération de ces témoignages à la continuation, sans ater-

moiement, des opérations entreprises à la suite immédiate de l'accident ;

Considérant que le déblaiement de la fosse n° 3, qu'on avait reproché aux Ingénieurs chargés du sauvetage de n'avoir pas poursuivi au besoin par des moyens violents, n'a pas exigé en fin de compte moins de trente-sept jours de travail, et cela avec des moyens d'action plus puissants que ceux dont on disposait à l'origine et dans des conditions d'exécution beaucoup plus favorables,

Et qu'il ressort de là que la continuation de ces travaux dans des conditions dangereuses, d'ailleurs, pour ceux qui y eussent été occupés, n'aurait pu aboutir en temps convenable à aucun résultat utile ;

Considérant, d'autre part, que c'est au renversement du courant d'air si vivement critiqué à un certain moment, et à la mise en marche du ventilateur de la fosse n° 4, qu'a été dû, d'après les constatations qui ont été faites ultérieurement, l'assainissement graduel de l'atmosphère des galeries situées au Sud de la fosse n° 3, grâce auquel les treize « rescapés » ont pu quitter leur point de refuge et parvenir sans asphyxie jusqu'à la recette de la fosse n° 2;

Est d'avis qu'il ressort des constatations postérieures au travail de la Commission précitée que l'abandon des travaux de déblaiement de la fosse n° 3 et le renversement du courant d'air se sont trouvés justifiés par l'événement, et qu'en particulier c'est à ce renversement du courant que les treize rescapés ont dû d'échapper finalement à la mort ;

En ce qui concerne enfin les propositions de récompense formulées à l'occasion du sauvetage par M. le préfet du Pas-de-Calais à l'égard du personnel tant des Compagnies exploitantes que de l'Administration des travaux publics :

Considérant qu'il importerait, comme complément à l'étude technique de l'affaire, que le Conseil fût mis à

même d'examiner ces propositions, d'apprécier la part de chacun dans les opérations effectuées et de formuler son avis à ce sujet :

Emet le vœu que le dossier de ces propositions soit réclamé par M. le ministre des travaux publics à M. le ministre de l'intérieur afin de lui être communiqué.

Signé au registre :

MM. Aguillon, Charguéraud, directeur des routes, de la navigation et des mines, Carnot, Nivoit, Delafond, Kuss, Tauzin, Zeiller.

Pour extrait conforme :

L'inspecteur général,
secrétaire du Conseil général des mines,
Signé : R. ZEILLER.

NOTE

SUR

L'EMPLOI DE LA CIMENTATION DES TERRAINS

DANS LA TRAVERSÉE DU NIVEAU AQUIFÈRE DU PUITS N° 3 ter DE LA SOCIÉTÉ HOUILLÈRE DE LIÉVIN

Par M. L. MORIN, Ingénieur en Chef de la Société Houillère de Liévin.

Après avoir constaté les heureux résultats obtenus dans l'aérage des travaux du siège n° 1 par le creusement d'un troisième puits spécialement destiné à l'aérage (*), le Conseil d'Administration de la Société Houillère de Liévin et son Directeur, M. Simon, persévérant dans la voie tracée pour accroître les conditions de sécurité de leur personnel, décidèrent le creusement, au siège n° 3, d'un troisième puits de retour d'air, distinct des puits d'extraction. Ce creusement fut entrepris à la date du 18 août 1904, avec un diamètre utile de 6 mètres.

Fonçage à niveau vide. — Le puits n° 1 *ter*, de même diamètre, avait été creusé à niveau vide, avec une venue d'eau maximum de 20 mètres cubes par heure, à côté du puits n° 1 *bis*, pour lequel on avait employé le système Kind et Chaudron.

Les puits n°s 5 et 5 *bis*, 6 et 6 *bis* de la même Société, d'un diamètre utile de $5^m,50$, avaient traversé également le niveau par le même procédé, avec une venue d'eau maximum de 10, 6, 15 et 20 mètres cubes par heure.

(*) *Note sur l'aérage* (Société Houillère de Liévin, Exposition du Nord de la France, Arras, 1904).

Aussi, bien que le puits n° 3 *ter* fût placé dans des conditions hydrographiques moins favorables que les précédents, sa situation à flanc de coteau, dans la vallée de la Souchez, pouvait cependant faire espérer que la traversée de la craie aquifère serait encore possible sans l'emploi de procédés spéciaux toujours coûteux.

Le fonçage commença donc à niveau vide avec des pompes Burton de 30 et 60 mètres cubes à l'heure et l'aide de deux treuils d'extraction, l'un électrique(*), l'autre à vapeur. Il atteignit, à 14^{m},10 de profondeur, le niveau aquifère, et y pénétra de 17^{m},90, avec deux retraites de cuvelage. La deuxième n'avait été que de 4^{m},50 et avait exigé la marche simultanée de sept pompes d'un débit total de 250 mètres cubes environ par heure. Les venues d'eau augmentaient de 80 mètres cubes par mètre d'avancement; aussi, au creusement de la troisième retraite de cuvelage, la venue d'eau fut-elle de 240 mètres cubes à l'heure, à 2^{m},70 seulement de profondeur au-dessous de la roue. On traversait la craie blanche à silex ne présentant pas de cassures particulièrement ouvertes, mais des coupes nombreuses de pentes et directions diverses : il était impossible de continuer. On arrêta le fonçage, les pompes furent remontées et on mit aussitôt en œuvre les moyens d'application de la cimentation.

Choix du procédé. — La congélation était un procédé coûteux avec le grand diamètre du puits et pouvait faire craindre pour la sécurité de la partie de cuvelage posée ; aussi l'étude de la cimentation était-elle indiquée. Déjà, l'injection du ciment avait été employée pour l'établissement d'un siphon passant sous la Seine(**), près du pont

---

(*) *Notice sur un treuil électrique pour creusement de puits* (Société Houillère de Liévin, Exposition du Nord de la France, Arras, 1904).

(**) Le siphon de la Concorde sous la Seine, à Paris (*Génie civil*, 7 mars 1896).

de la Concorde, à Paris. Plus tard, M. Portier, alors Ingénieur des Mines de Courrières, employait avec succès, en 1899, l'injection de ciment derrière le cuvelage en bois du puits n° 3 de cette Compagnie et rendait ce cuvelage étanche.

Les travaux de cimentation de cuvelage, étendus aux mines de Courrières et de Lens, attiraient l'attention des exploitants sur l'emploi du ciment pour arrêter les infiltrations d'eau dans les cassures de craie pendant le creusement des puits, et différents procédés d'adaptation étaient brevetés par MM. Portier et Saclier (*). La Compagnie de Béthune mettait en application le fonçage des puits n°s 11 et 11 *bis* par cimentation préalable partant du jour (**). La Compagnie de Lens réussissait à aveugler une forte venue d'eau provenant d'une cassure importante, dans le creusement à niveau vide de la fosse n° 16 (***). Aussi, devant ces résultats, le choix du procédé par cimentation était-il indiqué pour traverser les difficultés du puits n° 3 *ter*.

M. Portier, consulté sur cette application, proposait de créer une surpression d'eau dans le puits par l'introduction de grandes masses d'eau prises aux puits alimentaires et de couler un lait de ciment au fond du puits, ce ciment devant être entraîné par le courant d'eau qui devait s'établir à travers les fissures et boucher celles-ci. Ce moyen, qui eût pu réussir pour obstruer de grosses cassures, ne nous parut pas devoir donner des résultats satisfaisants avec le terrain fissuré traversé; il ne permettait pas le

(*) Brevet n° 301.199 du 13 juin 1900 et addition du 3 juin 1902, de M. Portier, ingénieur civil des Mines; Brevet du 19 juillet 1902, de M. Saclier, ingénieur en chef des Mines d'Anzin.

(**) *Cimentation des puits dans les terrains aquifères*, par M. Portier (*Congrès international de Liège*, année 1905 : section des mines, t. I).

(***) *Application du cimentage direct dans le creusement d'un puits*, par M. Dinoire, inspecteur principal de l'exploitation des Mines de Lens (*Comptes rendus mensuels des Réunions de la Société de l'Industrie minérale*, mois de janvier 1906).

creusement de trous de sonde pour faciliter l'injection, limitait par conséquent celle-ci et devait donner lieu à une perte assez grande de ciment inutilisé. On pouvait craindre, d'ailleurs, que la grande quantité d'eau prise aux puits alimentaires voisins entraînât un courant de ciment jusqu'à eux et donnât des ennuis d'un autre genre. On préféra employer un moyen déjà indiqué par M. Duvivier, directeur des mines de Landres, dans son intéressante discussion sur les fonçages de puits, à l'Exposition de Liège (*), par l'emploi d'un faux fond et injection par retraites successives : c'est cette application que nous allons décrire. Sa réussite permet d'envisager avec plus de confiance le fonçage des puits à niveau vide, en donnant le moyen de combattre, le cas échéant, des venues d'eau importantes à des profondeurs variables.

La méthode adoptée devait être la suivante :

Placer un faux fond étanche à la base du cuvelage posé. Faire des injections de ciment sous le faux fond en facilitant son introduction dans les terrains par des trous de sonde, de façon à permettre des retraites de longueur suffisante, d'une vingtaine de mètres environ. Les injections de ciment et les sondages devaient être faits alternativement, de façon que les venues d'eau n'excèdent jamais la limite des moyens d'épuisement disponibles. Pour ces opérations, une pompe d'avaleresse, d'un débit supérieur à la venue d'eau, était nécessaire.

Pompe d'épuisement. — Une pompe verticale Otto-Schwade fut acquise ; elle devait pouvoir refouler au jour 300 mètres cubes d'eau à l'heure, à 100 mètres de profondeur, avec une pression de vapeur de 6 kilogrammes effectifs. Ses dimensions principales sont : piston à vapeur, 609 millimètres ; plongeur, 305 ; course, 381 ; aspiration,

(*) *Fonçage des puits en terrains aquifères*, par M. Duvivier (*Congrès international de Liège*, année 1905 : section des mines, t. I).

305; refoulement, 254; arrivée de vapeur, 114; échappement, 146; poids, 11.000 kilogrammes environ. Cette pompe fut installée dans un des compartiments du puits du côté du treuil électrique, de façon que celui-ci pût néanmoins continuer à marcher avec un tonneau. Elle était suspendue par un câble mouflé à deux brins à un point fixe au jour et mue par un treuil de 12.500 kilogrammes à double cliquet et double frein, encastré dans une solide fondation.

La charge totale maximum étant de 20.000 kilogrammes à 100 mètres de profondeur, soit 10.000 kilogrammes par brin, le câble avait une résistance à la rupture de 75.000 kilogrammes.

La disposition des tuyaux était étudiée pour faciliter le relèvement et l'abaissement de la pompe par longueurs types de 3 et 5 mètres.

L'arrivée de vapeur, montée sur trois joints à rotule, permettait une course verticale de 6 mètres sans changement de tuyaux.

Un robinet, placé sur l'échappement près de la pompe, pouvait être manœuvré du jour pour en permettre la purge et la mise en marche sous l'eau.

Faux fond. — Le faux fond (Pl. VI) est en acier coulé, capable de résister à une pression de 20 kilogrammes par centimètre carré, d'un diamètre utile de 6 mètres; mais il a été étudié de facon à pouvoir servir dans le cas d'un diamètre de $5^{m},50$. Il comprend une couronne annulaire de $0^{m},25$ de largeur qui se fixe par tirefonds au-dessous de la dernière trousse picotée et doit recevoir les parties du faux fond proprement dites. Celui-ci se compose de 16 trapèzes sphériques; la sphéricité est telle que la flèche a $1^{m},50$ environ. Huit de ces trapèzes sont percés de tubulures de $0^{m},40$ de diamètre, réparties sur une circonférence de $3^{m},60$ de diamètre. Ces tubulures

servent pour forer les trous de sonde et faire passer les tuyaux d'injection, elles sont disposées régulièrement suivant le périmètre du puits. Chaque tubulure se trouve ainsi à $1^{m},20$ des parois du puits. Les trapèzes, mis en place, présentent à leur centre une cuvette de 1 mètre de diamètre permettant le passage de la crépine de la pompe. Neuf obturateurs complètent la fermeture du faux fond. Les joints sont parfaitement dressés de façon à assurer un ensemble facile à poser. Des rainures disposées sur la couronne annulaire permettent de faire un joint avec de la corde à bourrage entre la couronne annulaire et la roue préalablement dressée. Le joint est serré par des tirefonds; tous les autres joints des parties métalliques sont faits au plomb et serrés du dessus. Comme on le verra par la suite, les joints n'ont pas besoin d'être absolument étanches dès le début, la première injection pouvant être faite avec le puits rempli d'eau. On atténue les fuites à cette première injection et le ciment, qui calfate les joints, supprime les fuites dans les injections ultérieures. Dans la crainte que le ciment n'adhérât fortement au faux fond, des essais d'enduit, de substances différentes, furent effectués, mais l'adhérence du ciment à l'acier fut trouvée faible et aucune application d'enduit ne fut faite.

L'emploi du faux fond eut lieu par deux fois.

Première application du faux fond. — Afin d'éviter une déviation trop grande de l'aspiration de la pompe, on avait muni cette dernière d'une crépine de petit diamètre qui pouvait passer dans une des tubulures latérales du faux fond. La pompe maintenant les eaux basses, six charpentiers dressèrent le dessous de la roue, base de la dernière retraite, à $29^{m},30$ du jour (Voir *fig.* 1, Pl. VII). On plaça ensuite les huit pièces de la couronne annulaire, en assurant le joint avec la roue par deux tresses de chanvre goudronné et des tirefonds. La pose des quinze premiers trapèzes suivit sans difficulté; l'assemblage du

dernier et la fermeture centrale du faux fond furent plus délicats, à cause des petites différences de serrage. L'espace libre au-dessus du faux fond fut rempli de débris laissant libres les aplombs des tubulures ; six de ces tubulures furent fermées, l'une munie d'un raccord pour injecter directement sous le faux fond; la septième était prête à être fermée dès que la crépine de la pompe serait sortie. Par la huitième tubulure, on commença un trou de sonde, la fermeture correspondante étant munie de tuyaux d'injection et prête à être placée en cas d'augmentation de venue d'eau. Ces tuyaux d'injection étaient maintenus, en suivant la progression du sondage, à une longueur telle qu'ils aboutissent dans sa partie inférieure. Sur le dessus de la fermeture, on pouvait raccorder une tuyauterie assez longue pour dépasser le niveau d'eau statique. La venue d'eau, augmentant par le sondage, atteignit rapidement 280 mètres cubes à $5^m,90$ de profondeur sous la roue, soit 3 mètres environ dans le terrain. La limite d'épuisement de la pompe allant être atteinte, on arrêta le sondage, on sortit la crépine de la septième tubulure, on ferma les deux derniers joints, et les colonnes d'injection furent placées. Comme il était à prévoir, le faux fond n'était pas complètement étanche; des fuites existaient que l'on aurait pu atténuer par un matage, mais il était plus simple d'injecter à niveau plein, c'est-à-dire les eaux ayant repris le niveau statique. L'injection fut pratiquée du jour, comme il sera expliqué plus loin. Des prises témoin ont indiqué la fin de l'opération, c'est-à-dire quand le ciment passait à travers les joints du faux fond pour s'accumuler au-dessus. On a attendu vingt-cinq jours pour la prise du ciment. Après avoir pompé l'eau, on a constaté que le faux fond était suffisamment étanche (venue totale, 2 mètres cubes par heure, contre 280 avant injection). On a foré ensuite une série de trous de sonde de 23 mètres. Cette longueur nous était fixée par la présence,

à cette profondeur, du banc de meule dur, compact, qui, en général, limite la craie. Les trous de sonde ont eu de 14 à 7 centimètres de diamètre; ils n'ont été tubés que sur 1 mètre environ. On les a forés du fond, c'est-à-dire à niveau vide, leur tête étant au-dessous du niveau hydrostatique; les déblais de sondage ont été remontés par l'eau jaillissante, et les cassures rencontrées ne se sont pas colmatées, mais, au contraire, nettoyées. Avant d'injecter un trou de sonde, on le lavait en plus, par une chasse d'eau préliminaire, à l'aide de la tuyauterie d'injection, de manière à refouler les boues lointaines qui auraient pu être entraînées des cassures vers le trou de sonde, par l'eau jaillissante, pendant le forage. En général, chaque trou a été injecté aussitôt fait.

Injection. — L'injection s'est faite, du jour, par siphonnage, sans pression additionnelle, à partir d'un broyeur à mortier dont les meules avaient été relevées, mais dont les raclettes maintenues permettaient de faire le lait de ciment mécaniquement. Une tuyauterie d'eau assurait l'alimentation, l'amorçage et les chasses de nettoyage. Une pompe de secours a été aussi employée ; mais, chaque fois que le siphon ne fonctionnait plus, la pompe a été également inefficace, bien que sa pression de $5^{kg},500$ vînt s'ajouter aux 2 kilogrammes de pression hydrostatique du tuyautage. Il semble que, si un bouchon se forme à cette pression initiale de 2 kilogrammes, il résistera à une pression beaucoup plus forte. Ce dispositif par siphonnage a supprimé les entrées d'air. Le dosage du lait de ciment a été de 5 p. 100 en poids, avec une à trois chasses d'eau à l'heure, chasses d'autant plus répétées que le débit était moindre. La tuyauterie avait 50 millimètres de diamètre avec brides ordinaires, du jour au faux fond, et 30 millimètres au-dessous des tubulures, avec raccords vissés ; cette

différence, donnant une vitesse de liquide plus grande dans les petits tuyaux et des chances de dépôt moindres, a évité des bouchons au-dessous du faux fond ; les tuyaux de 30 millimètres descendaient, en général, de 1 à 5 mètres du fond du trou de sonde. Le ciment employé était du Portland spécial, très finement bluté. Un essai aux tamis a indiqué :

0,75 p. 100	comme refus au tamis de..	900	mailles
8,50	— — ..	2.500	—
15,30	— — ..	4.900	—

Détails sur l'exécution.— La pose du faux fond fut commencée le 12 mars 1906; le premier trou de sonde fut exécuté le 16 mars au matin, ce qui représente quatre jours pour le dressage de la roue, la pose du faux fond, le remplissage du fond du puits avec de vieux matériaux et la descente et l'aménagement des appareils de sondage.

Les sondages étaient effectués au fond ; leur appareil de manœuvre était des plus simples : il consistait en une chèvre portant une poulie, munie d'un tambour à bras sur lequel s'enroulait deux fois la corde du sondeur ; ce tambour étant mû constamment dans le même sens, si le sondeur tendait le brin libre, il y avait adhérence, et le tambour remontait les tiges et le trépan, sinon il y avait glissement et le trépan retombait. Deux sondeurs et quatre aides faisaient ainsi $0^m,50$ par heure en moyenne.

Les trous furent répartis suivant le dessin (*fig.* 2, Pl. VII). On injecta d'abord le trou n° 1, qui avait été fait immédiatement après la pose du faux fond, jusqu'à $5^m,90$ de la tubulure. On opéra à niveau plein. Le nombre des sacs mis à l'heure a été de 8 à 12. Le siphon s'étant arrêté, on essaya la pompe, qui ne permit d'ajouter que quelques sacs. 540 sacs furent ainsi absorbés ; le dessous du faux fond fut injecté aussitôt après et en absorba 114.

Pendant l'injection à niveau plein, le niveau de l'eau dans le puits monta dès le début, ce qui s'explique par les pertes à travers le faux fond et le cuvelage posé ; la plus grande hauteur observée fut de 1^{m},26 au-dessus du niveau statique, pour un débit de 10 mètres cubes par heure environ de lait de ciment. Cette injection fut terminée le 23 mars. Le puits, vidé le 18 avril, indiqua une venue d'eau de 4^{mc},500 à l'heure provenant du trou de sonde incomplètement injecté. Une reprise d'injection fut terminée le 26 avril. Huit jours après, le 3 mai, la venue n'était plus que de 2 mètres cubes. Le sondage n° 2 fut exécuté ; il rencontra des coupes diverses qui firent monter l'exhaure, au banc de meule, à 23 mètres de profondeur, au chiffre de 115 mètres cubes par heure. Après creusement du sondage n° 2, la tubulure correspondante fut fermée, en y adaptant la colonne d'injection. La venue d'eau s'arrêta, la pression s'établissant sous la fermeture de la tubulure, et l'eau monta, par la colonne d'injection, jusqu'au niveau statique. Le sondage n° 3 fut ensuite creusé ; il toucha le banc de meule à 23 mètres également, et sa venue d'eau totale fut de 110 mètres cubes par heure, sensiblement la même que celle du trou n° 2. La fermeture du sondage n° 3 fut établie. La perte du faux fond n'était que de 2 à 3 mètres cubes par vingt-quatre heures ; l'injection des sondages n°s 2 et 3 se fit donc à niveau vide. Le sondage n° 2 absorba 321 sacs de ciment, dont une partie pénétra dans le sondage n° 3; celui-ci fut alors curé jusqu'à 16 mètres, et on put y injecter 179 sacs ; cette opération fut terminée le 15 mai. On reprit les travaux le 20 et on exécuta le sondage n° 4, qui, arrêté à 18^{m},40, ne donna que 0^{mc},480 par heure ; la sonde n'y percevait d'ailleurs aucune cassure : il ne fut pas injecté. Le sondage n° 5, poussé à 23 mètres jusqu'au banc de meule, donna quelques venues d'eau dont le total a été de 31 mètres

cubes par heure; on y injecta 226 sacs. Ces travaux furent terminés le 25 mai.

Approfondissement du puits. — Le 1er juin, on commença le démontage du faux fond. On dut sous-caver quelques pièces, mais une fois la première pièce trapézoïdale enlevée, le reste du faux fond fut remonté au jour en vingt-quatre heures. Après nettoyage du fond du puits, la venue d'eau totale n'était que de 4 mètres cubes par heure.

Une sorte de liquation du ciment dans le fond du puits fut constatée, les zones supérieures étant peu consistantes et grises, les zones inférieures étant dures et plus foncées. Il fut même possible de suivre, par cette remarque, la communication des trous de sonde 2 et 3 par le fond du puits.

Malgré les différences de cohésion dans le ciment, la masse entière présentait une compacité atténuant la fatigue du faux fond sous l'action des pressions hydrauliques, mais insuffisante pour leur résister seule.

L'approfondissement repris, la retraite fut de 20 mètres. La venue initiale, de 4 mètres cubes par heure, atteignit 150 mètres cubes par heure à la fin de la retraite. Les cassures presque verticales rencontrées étaient cimentées avec des épaisseurs de ciment de 1 à 20 millimètres, mais il n'y a pas eu assez de trous de sonde pour les rencontrer toutes, ce qui explique l'augmentation des venues d'eau. La cohésion du ciment est variable, les parties les plus dures sont généralement les plus épaisses. Les plats bancs horizontaux sont moins bien cimentés ; le dépôt de ciment, se limitant à une distance insuffisante des trous de sonde, laisse des parties qui livrent de l'eau. Le ciment de ces cassures ayant généralement une consistance insuffisante, les venues d'eau ont semblé augmenter avec le temps par usure de ciment sur les bords des parties cimentées.

Deuxième application du faux fond. — Après avoir cuvelé la retraite de 20 mètres qui venait d'être creusée, on fit dix trous de sonde indicateurs, à quelques centimètres du bord intérieur de la trousse picotée, soit à $0^m,70$ environ du terrain. Ces trous, de $1^m,50$ à $7^m,50$, furent faits à la barre à mines ; ils devaient éclairer sur les venues d'eau inférieures et livrèrent peu d'eau, le banc de meule étant généralement la limite des fortes venues d'eau, dans nos puits ; le fonçage fut repris. Mais, à 1 mètre au-dessous de la roue et à $0^m,30$ d'un trou de sonde qui n'avait pas donné d'eau, on rencontra un pied-droit ouvert sur $1^m,50$ de long, tout près de la paroi, et qui livrait environ 100 mètres cubes par heure (Voir *fig.* 3). Ce pied-droit, presque vertical, avec légère tendance à se rapprocher du centre du puits en descendant, n'avait donc pas été rencontré par le groupe des sondages précédents. La craie grise avait été atteinte à $48^m,60$; mais les terrains, bien que plus compacts, présentaient des cassures presque toutes parallèles et quelques-unes transversales. Cette surprise nous amenait à nouveau à placer immédiatement le faux fond, et à injecter du ciment directement dans la cassure et dans de nouveaux sondages. Le faux fond fut donc replacé sous la dernière roue, à $49^m,25$ du jour. L'opération, bien que retardée par quelques avaries de tuyauteries de pompe, se fit plus aisément que la première fois. Après la pose du faux fond, deux trous de sonde n° 6 et n° 7, de 20 mètres et $18^m,40$, furent creusés (*fig.* n° 3), puis les joints fermés ; on disposa, pour l'injection, deux tuyauteries : l'une aboutissant dans la cassure, l'autre dans le trou de sonde n° 6 (le n° 7 ne donnait pas d'eau). On pratiqua immédiatement l'injection à niveau vide en matant les joints du faux fond pour éviter les fuites. Malheureusement, dans cette opération, on fit céder des tirefonds sous la roue et l'injection, commencée à niveau vide, dut être terminée à niveau plein. Pour

éviter l'entraînement de ciment au-dessus du faux fond, on effectua d'abord, comme dans la retraite précédente, des prises témoin, comme indicateurs, puis on appliqua la méthode suivante : on ajoutait de l'eau au-dessus du faux fond, pendant l'injection, en quantité telle que le volume ajouté, connu, fût légèrement supérieur au volume représenté par l'élévation horaire du niveau dans le puits : on avait ainsi la preuve que tout le lait de ciment injecté restait derrière le faux fond ; ce dispositif avait aussi l'avantage de moins fatiguer le joint près des tirefonds qui avaient cédé. On a injecté au total 1.071 sacs. La pose du faux fond commencée le 2 juillet, l'injection fut terminée le 24 juillet et fut suivie d'une période d'arrêt de quinze jours. Des trous de sonde de reconnaissance de 5 à 18 mètres n'ayant pas donné d'eau, le faux fond fut démonté et le creusement repris. La venue d'eau, qui n'était que de 4 mètres cubes par heure, atteignit 80 mètres cubes à la fin de cette nouvelle retraite.

Pendant le fonçage, on a remarqué que le banc de meule, bien que très dur et compact, était traversé par quelques pieds-droits, en général parallèles et cimentés, de 3 à 20 millimètres d'ouverture. Ces cassures étaient à l'aplomb des sondages de la première série : n°s 2, 3 et 5 (*fig.* 4). Elles ont été cimentées jusqu'à 8 mètres environ en dessous des extrémités de ces trous de sonde. La craie gris bleuâtre très dure, préliminaire des bleus, rencontrée à cette profondeur, soit 59 mètres, marquait la fin des cassures et des fortes venues d'eau.

La traversée du niveau se termina sans difficulté et sans nouvel emploi du faux fond, la plus grande venue ayant été de 37 mètres cubes par heure dans une retraite de 23 mètres.

De longs trous de mines verticaux et obliques précédaient d'ailleurs l'approfondissement, de façon à être prévenu contre des venues d'eau intempestives analogues à

celles dont le début de la quatrième retraite avait donné l'exemple.

Prix de revient. — En séparant les prix de cimentation de ceux d'exhaure, les dépenses peuvent être évaluées comme suit :

1° Cimentation proprement dite :

Faux fond, achat (poids 13.483 kilogrammes)	7.415f,65	
Salaires de deux poses et deux démontages	3.466f,10	
Ciment, 2.451 sacs de 50 kilogrammes	4.580f,00	
Sondages et injections, salaires et location de matériel	3.682f,72	
Consommations diverses	1.391f,57	
		20.536f,04

La première pose du faux-fond a coûté	1.092f,33
La deuxième pose du faux-fond a coûté (Soit 20 p. 100 en moins.)	887f,85
Le premier démontage a coûté	825f,20
Le deuxième démontage a coûté (Soit 20 p. 100 en moins.)	660f,70

2° Exhaure :

Pompe d'avaleresse avec accessoires : treuils, tuyaux, etc	18.637f,10	
Entretien et pose. Salaires des ateliers. Dépenses des pompes Burton du début du fonçage	30.117f,58	
Consommations diverses	11.911f,08	
Combustible	10.000f,00	
Temps perdu. — Ouvriers présents inoccupés par excès d'eau	1.827f,67	
		72.493f,43
Total de la cimentation et de l'exhaure		93.029f,47

Ce total de 93.000 francs représente donc le supplément de dépenses dues aux venues d'eau.

La base du cuvelage étant à 98^{m},30, la tête à 14^{m},10, ce supplément réparti sur 84 mètres représente par mètre 1.100 francs, chiffre qui doit être abaissé à 900 francs pour tenir compte de ce que les pompes, tuyaux, etc., sont amortis entièrement et peuvent être encore utilisés.

Les dépenses par congélation auraient été les suivantes :

1° *Devis de la Société d'Entreprise de fonçage de puits par congélation.* — Exécution des trous de sonde, fourniture des tubes de revêtement dans la partie supérieure pour éviter la formation de glace dans la partie cuvelée ; fourniture, mise en place et démontage des tubes congélateurs, d'une colonne centrale, des couronnes collectrices, têtes de colonnes et soupapes, machines frigorifiques, pompes, tuyauteries ; produits chimiques, personnel nécessaire, transport et réparations, le mètre à partir du niveau du sol	1.400 fr.
Soit en répartissant sur la hauteur cuvelée : Par mètre cuvelé	1.600 fr.
2° *Devis d'installation.* — Exécution d'un avant-puits, remplacement de l'installation de fonçage existante par une nouvelle comportant : baraque de sondages et plancher pour appareils de sondages ; fourniture et montage d'une baraque abri des machines frigorifiques ; exécution des fondations de machines ; moteurs pour les actionner ; combustible pour l'exécution des sondages et les moteurs, etc., le mètre environ (minimum)	700 fr.
Au total, le mètre	2.300 fr.

L'économie a donc été importante et peut être évaluée au chiffre de 120.000 francs environ. La cimentation proprement dite n'entre dans les dépenses que pour la somme de 20.500 francs (faux fond compris et entière-

ment amorti), soit 500 francs du mètre pour les 40 mètres effectivement cimentés.

Il y a lieu d'ajouter que la cimentation, sans être complète, a cependant donné un appoint de consolidation des terrains, et qu'enfin le délai d'exécution, malgré les retards dus à la commande de la pompe et du faux fond et les interruptions nécessaires à la prise du ciment. n'est pas supérieur au délai qu'aurait nécessité la congélation.

Conclusions. — Le faible nombre de sondages creusés pour la section importante (40 mètres carrés environ) de terrain enlevé dans le puits, explique l'augmentation des venues d'eau en fin de chaque retraite cimentée (*fig.* 1, Pl. VII) ; nous n'avons pas cru nécessaire, étant donnée l'installation existante de la pompe, de rendre les terrains plus étanches. — Des sondages injectés plus nombreux, répartis plus près du pourtour du puits, auraient donné une cimentation plus parfaite et atténué plus complètement les venues d'eau.

Aussi, les résultats obtenus au puits n° 3 *ter* permettent-ils de penser que les fonçages de puits entrepris directement sans congélation ni cimentation préalables pourront toujours, par cimentations locales, traverser, avec économie et sans grands retards, les assises aquifères analogues aux niveaux crayeux, quelle que soit d'ailleurs leur profondeur.

Liévin, octobre 1907.

BULLETIN.

PRODUCTION MINÉRALE DU CANADA EN 1906.

	QUANTITÉS	VALEURS
1° *Métaux.*	tonnes métr.	francs
Cuivre	25.868	56.949.410
Plomb	24.585	15.882.367
Nickel	9.748	46.354.960
Fonte (tirée de minerais indigènes)	(a) 106.335	8.932.392
Cobalt, zinc et autres métaux	—	1.813.000
Argent (en kilogrammes)	kg. 266.485	29.645.642
Or	—	62.283.968
Valeur totale des métaux		221.861.739
2° *Substances minérales.*		
Charbon	8.993.973	103.315.266
Tourbe	227	3.885
Pétrole	72.928	3.945.917
Gaz naturel	—	2.739.536
Minerai de fer (exporté)	75.974	772.737
Minerai de manganèse (exporté)	84	4.788
Pyrites	40.245	815.529
Fer chromé	7.936	477.078
Graphite	405	97.280
Sel	77.609	1.694.637
Ocre	6.201	191.427
Baryte	3.628	62.160
Gypse	378.904	3.065.669
Corindon	2.063	1.061.760
Talc	1.254	15.695
Amiante	53.770	10.209.148
Mica (exporté)	828	3.014.340
Pierres à meules	5.029	319.212
Ardoise	—	126.630
Feldspath	14.397	200.673
Ciment naturel	1.176	31.350
— de Portland	387.189	16.393.700
Castine	331.976	1.484.754
Sables et graviers (exportés)	260.655	723.708
Tuyaux	—	2.314.372
Matériaux de construction, etc	—	37.296.000
Eaux minérales	—	518.000
Substances non dénommées	—	1.643.259
Valeur totale des substances minérales		192.538.510
Valeur totale des métaux		221.861.739
Total général		414.400.249

(a) La production totale de la fonte (minerais indigènes et importés) s'est élevée à 542.000 tonnes.

(*Extrait du* Geological Survey of Canada, *Ottawa*, 1907.)

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DES ÉTATS-UNIS EN 1905 ET EN 1906.

1° PRODUCTION DES MINERAIS ET MINÉRAUX.

SUBSTANCES	1905		1906	
	POIDS	VALEUR	POIDS	VALEUR
	tonn. métr.	francs	tonn. métr.	francs
Charbon. Anthracite	71.409.491	926.123.104	65.494.076	861.470.271
Charbon. Houille bitumineuse	279.668.564	1.836.535.356	309.857.605	2.074.853.926
Asphalte	104.547	3.927.233	105.804	5.521.979
Pétrole brut	20.213.991	615.932.189	17.862.000	415.836.305
Graphite cristallin	1.934	882.807	2.203	835.086
— amorphe	19.911	417.410	....	....
Minerai de fer	44.829.857	490.898.872	50.024.923	554.734.354
— de manganèse	877.482	8.710.025	....	....
— de zinc	721.698	80.789.647	820.994	89.357.176
— d'antimoine	»	»	268	229.216
— de chrome	41	3.108	183	9.324
— de tungstène	756	1.333.814	994	2.293.612
Pyrites	228.580	3.900.208	228.646	3.977.546
Soufre	218.440	24.568.222	289.560	31.371.375
Bauxite	48.759	1.056.512	79.584	1.825.898
Sel	3.297.697	31.576.876	3.578.061	34.490.455
Soude naturelle	10.884	93.290	....	....
Pierre à chaux et castine	14.323.568	34.909.056	15.733.917	38.016.668
Sable	934.513	5.613.721	....	....
Silex	46.388	539.285	60.494	1.258.802
Ardoises pour toitures	....	23.896.169	....	29.366.033
Gypse	946.184	4.257.739	1.397.310	19.880.711
Phosphate de chaux	1.964.219	50.514.873	2.085.586	63.935.398
Feldspath	32.125	1.171.493	65.899	2.079.931
Spath fluor	35.917	1.204.102	31.457	1.043.672
Magnésite	3.567	1.165.596	3.628	1.243.200
Barytine	48.300	1.015.492	57.582	1.309.085
Talc commun	36.401	3.299.981	....	....
— fibreux	60.769	2.429.420	58.229	2.805.488
Amiante	2.812	654.234	1.537	106.527
Mica en feuilles	386	962.962	640	1.306.645
— en morceaux	776	79.020	1.350	117.804
Terre à foulon	23.350	967.707	25.396	1.228.581
Emeri	2.100	101.977	1.947	118.000
Grenat	3.350	594.120	4.901	930.059
Pierre ponce	1.662	28.697	....	....
Terre à diatomées	9.956	334.820	....	....
Pierres à aiguiser	....	1.265.712	....	1.388.603
Quartz cristallin	17.268	456.452	....	....
Monazite	614	849.043	384	788.976
TOTAUX	....	4.162.660.344	....	4.243.780.506

2° PRODUITS SECONDAIRES ET CHIMIQUES.

SUBSTANCES	1905		1906	
	POIDS	VALEUR	POIDS	VALEUR
	tonn. métr.	francs	tonn. métr.	francs
Coke	25.840.924	374.512.415	29.650.158	450.076.691
Graphite artificiel	2.016	1.626.441	2.208	1.620.117
Acier en poudre	369	294.431	380	303.496
Oxyde de zinc	65.650	29.900.203	70.565	32.413.130
Litharge	11.467	7.369.150	12.531	9.790.459
Blanc de plomb	117.342	66.092.666	119.387	83.051.857
Rouge de plomb	14.755	9.944.393	12.420	9.709.641
Plomb orangé minéral	907	621.632	2.655	2.183.308
Sulfate de cuivre	24.367	12.521.899	23.095	16.355.373
Couperose	19.140	765.195	20.715	1.183.060
Sulfate d'ammonium	59.224	21.281.636	68.025	24.215.205
Brome	412	722.257	557	954.933
Arsenic	701	260.165	754	430.717
Borate de chaux	42.025	5.279.238	.....	.....
Alundum	1.640	1.309.711	1.964	1.570.503
Ciment naturel hydraulique	608.335	12.499.609	472.917	12.235.885
Ciment de Portland	6.074.083	172.213.591	8.032.443	265.426.578
Ciment de laitier	69.376	1.412.140	72.018	2.138.884
Carborundum	2.540	3.106.073	2.823	3.224.695
Laine minérale	5.590	360.320	4.859	287.749
TOTAUX	.....	722.093.165	.....	917.172.281

3° PRODUCTION DES MÉTAUX.

SUBSTANCES	1905		1906	
	POIDS	VALEUR	POIDS	VALEUR
	tonn. métr.	francs	tonn. métr.	francs
Fonte	23.065.635	1.955.661.665	25.406.798	2.351.054.060
Ferro-manganèse	294.623	91.373.470	305.308	124.527.200
Cuivre	396.877	711.753.756	416.140	932.401.760
Plomb	290.008	155.921.626	313.395	202.502.522
Zinc	182.985	122.940.229	204.523	144.839.306
Mercure	1.044	6.307.437	982	5.994.213
Antimoine	2.684	3.184.913	2.656	6.591.597
Aluminium	5.147	18.813.760	6.508	26.759.880
Nickel	5.895	25.925.900	6.485	32.948.115
Argent (en kilogrammes	1.745.318	175.386.709	1.747.543	194.382.199
Or d°	132.682	456.776.026	144.584	497.805.252
Platine d°	10	27.558	12	45.584
TOTAUX	.....	3.724.073.049	.....	4.519.851.688

RÉCAPITULATION.

	1905 VALEUR EN FRANCS	1906 VALEUR EN FRANCS
1° Production des minerais et minéraux....	4.162.660.344	4.243.780.506
2° Produits secondaires et chimiques......	722.093.165	917.172.281
3° Production des métaux..............	3.724.073.049	4.519.851.688
TOTAUX GÉNÉRAUX........	8.608.826.558	9.680.804.475

(*Extrait de* The Mineral Industry, *Vol. XV*, 1907.)

PRODUCTION MINÉRALE ET MÉTALLURGIQUE DE LA GRÈCE EN 1905 ET 1906.

NATURE DES PRODUITS	1905 POIDS	1905 VALEUR	1906 POIDS	1906 VALEUR
	tonnes	francs	tonnes	francs
Minerai de fer	465.622	3.387.467	680.620	4.910.217
— fer manganésifère	89.687	1.182.652	96.382	1.161.792
— manganèse	8.171	122.565	10.040	168.672
— zinc...........	22.562	2.852.355	26.258	2.698.840
— chrome.........	8.900	332.052	11.530	432.375
Lignite	11.757	143.814	11.582	168.883
Magnésite	43.498	864.982	64.424	1.455.528
Soufre..................	1.126	121.000	»	»
Emeri	6.972	742.486	7.565	805.702
Plâtre	185	7.995	70	4.900
Marbre..................	2.330	498.995	2.972	273.278
Meules	13.102	31.780	12.732	12.520
Sel.....................	25.201	1.638.065	25.167	1.761.693
VALEUR TOTALE (francs)...	11.926.208		13.854.400	
Plomb argentifère en lingots	13.729	6.811.792	12.303	7.125.565
Cuivre..................	»	»	260	171.410

(*Extrait d'un* Rapport *adressé à* M. le Ministre des Affaires Etrangères *par* le Ministre de la République à Athènes.)

NOUVELLES RECHERCHES

ET

DÉCOUVERTES DE NAPHTE

DANS LE CAUCASE OCCIDENTAL

Par M. ALEXIS YERMOLOFF,
Ancien Ministre de l'Agriculture de Russie, Correspondant de l'Institut.

Tout le monde connait les gisements de naphte du Caucase oriental, dans les environs de Bakou, et, en seconde ligne, ceux de Groznoé. Mais ce quel'on sait moins, c'est que les sources de pétrole abondent en Transcaucasie, comme dans le Caucase septentrional, sur le versant nord de la chaine caucasienne. Malheureusement l'exploitation de ces sources n'a point donné jusqu'à présent des résultats satisfaisants, et de grosses entreprises, telles que le Standard russe de Novorossiisk et la Société de Koudako, ont dû suspendre leurs travaux et cette dernière liquider. Néanmoins, d'après des explorations géologiques nouvellement faites dans la région du Kouban, l'insuccès de ces entreprises ne prouverait ni l'absence du naphte, ni la pauvreté des gisements pétrolifères dans ces parages ; cet insuccès serait plutôt le résultat de fautes techniques dans la disposition et le forage des puits, qui, pour la plupart, n'ont pas atteint les profondeurs nécessaires. On n'a exploité jusqu'ici que les couches supérieures à pétrole lourd, bientôt épuisées, sans atteindre les couches profondes, plus riches en naphte de qualité supérieure que les couches superficielles.

Voici qu'aujourd'hui des travaux récents d'un ingénieu des mines russe, M. Winda, attirent l'attention du mond savant et des industriels sur de nouvelles régions pétro lifères, où les sources de naphte, quoique connues d longue date, sont restées inexplorées jusqu'ici. Elle semblent pourtant donner de belles promesses pour l'ave nir, tant par leur richesse présumée que par leur situa tion, soit aux bords mêmes de la mer Noire, soit à un distance relativement faible de la mer, dans le Caucas occidental. Il s'agit de deux régions pétrolifères : l'un près de la ville et du port d'Anapa, à une distance de 40 kilomètres de Novorossiisk en ligne directe (*fig.* 1) et l'autre (*fig.* 2) sur le versant nord de la chaîne caucasienne, très peu élevée dans ces parages, à 70 kilomètres à peu près de la ville de Touapsé, dont le port est actuellement en construction, et sur le tracé de la voie ferrée projetée entre Armavir (station du chemin de fer Rostoff-Vladicaucase), Maicop et Touapsé. L'intérêt que présentent ces explorations est si grand que je veux leur consacrer quelques mots, me basant sur un compte rendu récemment publié en langue russe par l'ingénieur Winda et sur les résultats des forages déjà entrepris dans la seconde de ces régions, qui semble être de beaucoup la plus importante par la richesse présumée et le caractère géologique des terrains pétrolifères.

1° **Région d'Anapa-Tcherkesskoé.** — La présence du naphte a été constatée dans les ravins peu profonds qui sillonnent les hauteurs encaissant le vallon d'Anapa, au nord et au nord-est de cette ville. On a découvert ici des couches d'argile noire naphtifère, qui contiennent beaucoup de restes organiques (poissons, coquillages, algues). Ces couches argileuses ont été recoupées dans les puits et les trous de sondage à une profondeur de 40 mètres au moins, car elles ne viennent nulle part à la surface.

On trouve ici également des couches de sable, imprégnées de naphte, et qui présentent généralement des conditions



Fig. 1. — Carte de la région pétrolifère du Caucase occidental.

très favorables à l'exploitation, car elles se laissent plus facilement pénétrer par le naphte que les argiles. Le vallon d'Anapa forme un pli synclinal, avec

une inclinaison relativement faible des couches ne dépa
sant pas 30°. Du côté du vallon, avoisinant la mer, jusq
dans la ville même d'Anapa, on trouve également
naphte dans des puits peu profonds, creusés pour avoir
l'eau, mais qu'on a dû abandonner, car l'eau y était m
langée de naphte au point d'en devenir impotable. No
nous trouvons donc ici en présence d'un bassin naph
fère qui mérite l'attention et semble être très propi
pour l'exploitation future de ses gisements.

Je dois dire, en outre, que les couches de naphte
cette région se relient à toute une suite de terrains nap
tifères, se dirigeant vers le nord-ouest, le long des riv
de la mer Noire, jusqu'à la presqu'île de Taman, et
retrouvent de l'autre côté du détroit de Kertch, où d
gisements de naphte ont été connus depuis longtemps. I
ont même été exploités pendant plusieurs années, quoiq
sans grand succès, par une société française : ce qui n
pas empêché une nouvelle société également française
reprendre aujourd'hui les travaux dans des conditions pl
favorables, plus encourageantes. La présence du naphte
manifeste dans cette direction par des sources naturell
nombreuses, par des volcans de boue, pareils à ceux
la péninsule d'Apchéron, des échappements de gaz, et
Elle a été constatée une fois de plus par des explor
tions géologiques qui y ont été faites durant ces dernièr
années.

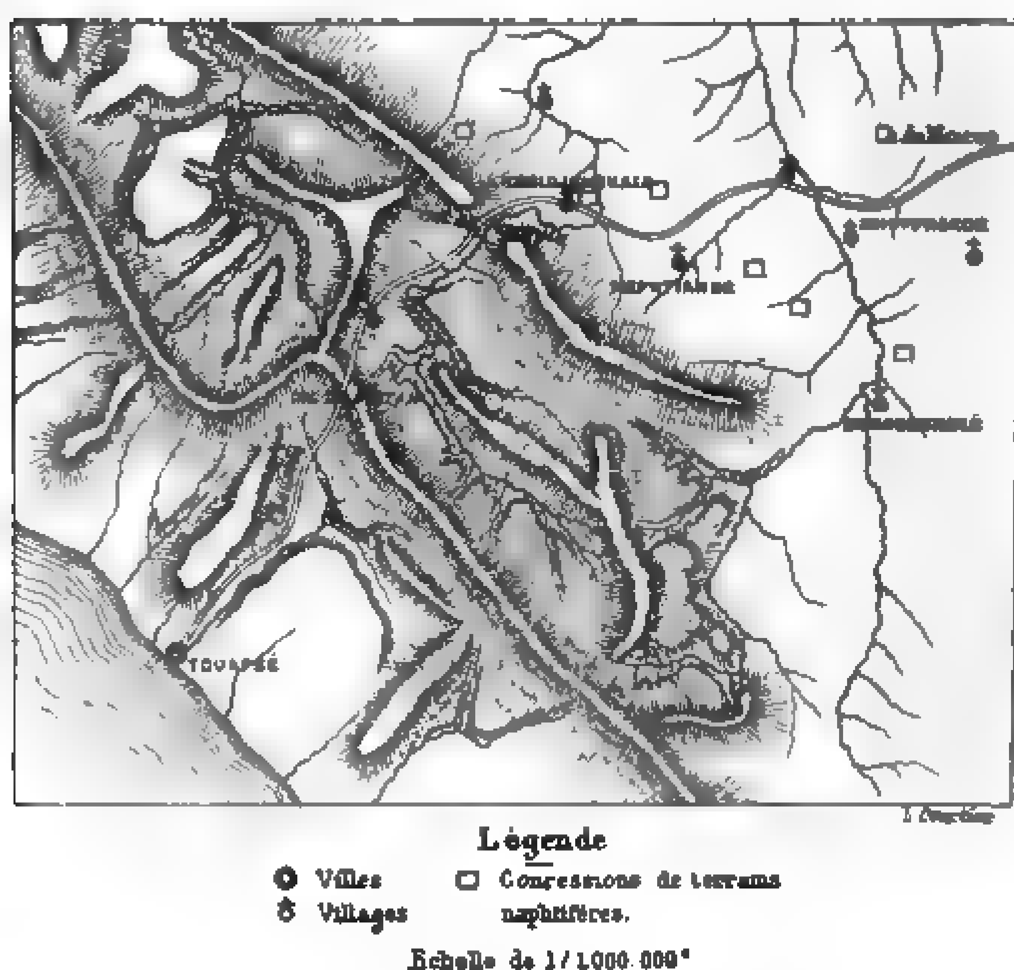
Aujourd'hui une société s'est constituée, sous le no
de « Nouveau Standard Russe », et a entrepris des tr
vaux de forage près du village Souvorowo-Tcherkessko
à une distance de 25 kilomètres d'Anapa, au nord
cette ville. Mais tous les puits percés jusqu'ici n'ont p
encore atteint les profondeurs nécessaires pour obten
des résultats probants.

Un autre point où les gisements de naphte semble
être encore plus riches se trouve à 8 kilomètres de l'e

droit précité, au bord de la mer, près du village de Blagovestchenskoé. On peut juger de la disposition de toutes ces localités d'après la petite carte ci-jointe (n° 1), sur laquelle sont indiqués les principaux points naphtifères, y compris les sources de Koudako, autrefois exploitées et aujourd'hui abandonnées, par suite de leur épuisement.

2° **Région de Maicop-Touapsé.** — Je passe à la seconde région, qui fait l'objet principal de la présente notice, celle située entre Maicop et Touapsé. Ces gisements paraissent bien plus importants que ceux de la première région et promettent des richesses bien plus considérables. Ici l'on trouve toute une série de sources de naphte, on voit le pétrole apparaître à la surface du sol, dans les parois des ravins qui sillonnent en tous sens les flancs des montagnes avoisinantes. La présence du naphte dans cette région située sur le versant nord de la chaîne principale du Caucase n'est pas, à vrai dire, un fait nouveau, car elle y a été constatée bientôt après la conquête du pays par les Russes. Les anciens aborigènes du pays, les Tcherkesses, en exploitaient les sources bien avant cette époque et en tiraient une espèce de goudron, qu'ils employaient pour le graissage des essieux de leurs chariots ; ce goudron n'était rien d'autre que du naphte endurci à l'air. Plus tard, les Cosaques qui sont venus s'établir dans la contrée après l'émigration des Tcherkesses en Turquie, et qui y ont fondé plusieurs stanitzas ou villages, commencèrent à les exploiter à leur tour. Une de ces stanitzas a même reçu le nom de Nephtianaia, du mot russe *nepht*, naphte. D'autres sources ont été découvertes près des villages Chyrwanskaia et Khadidjenskaia (Voir la carte ci-jointe, n° 2). Sans se borner à l'exploitation des sources naturelles, les Cosaques se sont mis à creuser des puits, dont ils tiraient le naphte tant pour leur propre usage que pour la

vente. Ces puits n'avaient généralement qu'une profondeur insignifiante, dépassant rarement 20 ou 25 mètres. Ce n'est donc que les couches supérieures qu'ils mettaient à contribution, sans avoir la possibilité, avec leurs engins primitifs, de pousser plus avant dans les profondeurs



Légende
Villes — Concessions de terrains naphtifères.
Villages
Echelle de 1/1.000.000e

FIG. 2. — Carte de la région pétrolifère de Touapsé (versant nord du Caucase).

de la terre. Dans les commencements, les puits leur donnaient du naphte pur; mais, petit à petit, ils étaient envahis par les eaux souterraines et même les infiltrations superficielles, contre lesquelles les Cosaques étaient impuissants à lutter, et alors on les abandonnait pour en creuser d'autres à côté. Il est à remarquer, en outre, que les Cosaques donnaient la préférence au naphte lourd, qu'ils tiraient des couches supérieures, car il convenait

mieux à leur usage principal, le graissage des roues — et qu'ils délaissaient le naphte léger des couches plus profondes.

Le naphte, qui s'échappait librement durant des siècles des sources naturelles, durcissait à l'air et formait des coulées puissantes de bitume, qui couvraient les parois des ravins et les flancs des montagnes. Une de ces montagnes reçut même le nom de « montagne d'Asphalte », sous lequel elle est connue jusqu'ici. A 5 kilomètres du village Khadidjenskaia se trouve une autre curiosité naturelle du pays : une hauteur que l'on appelle « montagne de Cire », un gisement d'argile imprégné d'ozokérite, trop pauvre pourtant, à ce qu'il paraît, pour pouvoir en permettre l'extraction avantageuse. Un autre point porte le nom attrayant de « lac de Naphte » : c'est un plateau tout couvert d'une couche de bitume, de naphte épaissi et endurci, et au milieu duquel on voit le naphte suinter et s'écouler même parfois en flots par une série de sources. Un fait identique se reproduit dans les endroits appelés « vieux et nouveaux puits de naphte », centres des anciennes et des plus récentes exploitations du naphte par les indigènes d'autrefois et les habitants russes d'aujourd'hui.

Il est curieux de noter qu'une des premières explorations scientifiques de cette région ait été faite par un géologue français, M. Coquand, en 1876, qui en donna une description sommaire, mais très exacte, dans le *Bulletin de la Société géologique de France* (année 1877, vi), c'est-à-dire il y a de cela juste trente ans. Les recherches de M. Coquand, entreprises à une époque où le parcours du pays était bien plus difficile qu'aujourd'hui, l'ont néanmoins porté à reconnaître que « les montagnes de Kadadji (Khadidjenskaia) se montrent fort riches en pétrole ; mais leur éloignement des grands centres de consommation, la difficulté des transports et la concurrence

que leur opposent les autres gisements situés en de meilleures conditions en rendent l'exploitation très limitée ».

Les circonstances, que le savant explorateur français signalait comme des obstacles au développement de l'exploitation des gisements de Maicop, ont manifesté leur influence néfaste jusqu'à ces derniers temps, et cette influence s'est même accrue depuis que les gisements de Bakou et de Groznoé ont trouvé un débouché facile vers la mer Noire par les chemins de fer Bakou-Batoum et Petrovsk-Groznoé-Novorossiisk. Plusieurs entrepreneurs ont essayé d'en faire l'exploitation ; mais ils n'ont subi que des échecs, par suite du manque de voies de communication. La construction d'une chaussée entre Maicop et Touapsé n'a guère amélioré la situation. D'un autre côté, les anciennes explorations de ces gisements, y compris celles de M. Coquand, étaient insuffisantes pour en démontrer l'importance, et ce n'est que les nouvelles recherches de M. Winda qui jetèrent le jour sur ces richesses soupçonnées, mais non étudiées jusque-là comme elles le méritaient. Ce sont les travaux de cet ingénieur qui ont récemment attiré l'attention du monde savant et des industriels sur cette contrée si longtemps délaissée. La hausse énorme des prix du pétrole en Russie détermine à en rechercher des sources nouvelles pour approvisionner le pays et relever son exportation à l'étranger. Dans ces conditions, le gisement de Maicop présente d'autant plus d'intérêt que son exploitation sera facilitée par la construction du chemin de fer projeté Armavir-Maicop-Touapsé et par l'aménagement en cours du port de Touapsé.

Il est à remarquer, tout d'abord, que l'exploration de la contrée en question est très difficile, tant par son caractère montagneux que par les forêts presque impénétrables qui en recouvrent la majeure partie. Un examen superficiel ne suffit pas pour en démontrer la structure géolo-

gique : il faut faire des puits, et encore mieux des forages profonds, pour se rendre compte du développement et de la disposition des couches pétrolifères, dont les sources naturelles de pétrole ne montrent que les points d'affleurement. Ces recherches préalables ont été faites par M. Winda; aujourd'hui elles sont continuées sur une échelle plus grande par plusieurs industriels qui ont entrepris l'exploitation de ces gisements, et nous pouvons en indiquer ici les premiers résultats.

On sait que les gisements de naphte promettent d'être d'autant plus abondants que les couches de sables susceptibles d'emmagasiner le pétrole à l'état d'imprégnation atteignent le plus de développement et ont le plus d'épaisseur. On considère également comme un indice favorable (quoique à titre beaucoup plus hypothétique) la présence de fortes couches de calcaire à coquillages et à restes d'animaux et de végétaux, dont la décomposition pourrait avoir produit le pétrole, selon la théorie, généralement admise aujourd'hui, de l'origine organique. Enfin il faut que les couches pétrolifères n'aient point une inclinaison trop roide. Quant à la disposition des plissements, les uns prônent les anticlinaux (théorie américaine applicable aux gisements très profonds) ; les autres, dans les parties plus superficielles, les synclinaux comme formant des espèces de bassins souterrains dans le fond desquels le pétrole se conserve à l'état de pureté, tandis que, sur les flancs redressés plus voisins des affleurements, il perd la majeure partie de ses substances volatiles et se transforme en pétrole lourd. Ce sont, au Caucase, les puits creusés dans les parties plus profondes de ces bassins qui donnent le plus souvent naissance à des fontaines jaillissantes, par suite tant de la pression hydrostatique du pétrole lui-même que de celle des gaz qu'il contient.

Toutes les conditions susmentionnées, dont dépend le

Caucase, se trouvent, les premières à une distance de 898 kilomètres et les secondes à 817 kilomètres de la mer Noire, celles de Maicop n'en sont distantes que de 70 kilomètres, et auront un débouché assuré vers le port de Touapsé, aujourd'hui en voie d'agrandissement. Il est vrai que, pour le moment, cette région pétrolifère n'est reliée à la côte que par une chaussée qui traverse la chaîne des montagnes par le col de Koitah, relativement peu élevé. Le transport du pétrole par route serait certainement trop onéreux, mais une société s'est récemment constituée pour la construction d'un chemin de fer, dont une des stations se trouvera au centre même des gisements, à la stanitza Khadidjenskaia. Le projet de cette nouvelle voie, dont l'importance sera d'autant plus grande qu'elle desservira les parties les plus riches et les plus fertiles de la région du Kouban, est déjà soumis à l'approbation du Gouvernement. C'est donc une ère nouvelle qui s'ouvrira bientôt, tant pour cette contrée que pour tout le littoral caucasien, dont on connaît, d'autre part, les richesses minérales et végétales, jointes à son climat presque subtropical et aux beautés idéales de sa nature.

En terminant, je dirai quelques mots sur l'état actuel des travaux d'exploration et d'exploitation déjà en train dans la région. Une industrie nouvelle y est aujourd'hui naissante, après un sommeil léthargique de trente ans. MM. Bungué et Palachkovsky, deux entrepreneurs renommés par leurs travaux à Bakou, y ont acquis des terrains naphtifères, par voie de déclaration, d'après les lois existantes. Ils ont été suivis par une des principales maisons, connue de longue date dans l'industrie du naphte, — la Société du pétrole de Bakou. Plus tard sont venus d'autres entrepreneurs, — MM. Gariasine et Cie, MM. Sélitriannikoff, successeurs, etc. Plusieurs puits ont été mis en forage à partir du printemps de l'année cou-

rante (1907), et, quoiqu'ils n'aient pas encore atteint les couches profondes dont on attend les meilleurs résultats, le naphte a déjà été rencontré à des profondeurs différentes. Malheureusement, il paraît qu'ici encore on commet les fautes si souvent répétées ailleurs et qui ont compromis dans les commencements bien des gisements : la disposition des trous de forage trop près des sources naturelles du pétrole, à l'affleurement des couches naphtifères, c'est-à-dire dans les conditions les moins favorables pour une exploitation assurée et durable. Néanmoins un des puits de la Société Sélitriannikoff, situé entre les villages Nephtianoé et Schirvanskoé, rencontra, à la profondeur de 60 mètres seulement, une couche abondante de naphte léger (0,864), qui donna naissance à une fontaine jaillissante, à jet intermittent ; cette fontaine fonctionne depuis deux mois en déversant le naphte 8 fois dans les vingt-quatre heures ; son débit moyen dépasse 16.000 kilogrammes par jour. Ce n'est pas encore le succès définitif, vu surtout la profondeur relativement minime du puits et le petit diamètre du trou de forage (10 centimètres); mais c'est un bon présage pour l'avenir et qui ne manquera pas de raviver le courage et les espérances des premiers pionniers sérieux de l'industrie du pétrole dans cette région naphtifère, si vieille et si nouvelle en même temps.

BULLETIN

DES ACCIDENTS D'APPAREILS A VAPEUR

SURVENUS PENDANT L'ANNÉE 1906

(Résumé résultant de l'étude des dossiers administratifs.)

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
22 févr.	Bateau à vapeur, près Odessa.	Chaudière motrice à retour de flamme et à 2 façades. — Capacité, 47^{m3} ; surface de chauffe, 217^{m2} ; timbre, 11 kg. 2. Sur la façade arrière se trouvaient deux trous d'homme a fermeture autoclave de 378 millimètres × 288 millimètres, fermés par un bouchon autoclave à siège plan avec deux chevalets. Le joint était fait au moyen d'une garniture en tresse d'amiante caoutchoutée de 8 millimètres d'épaisseur et de 3 centimètres de largeur. L'ellipse dessinée par la nervure du bouchon avait son grand axe inférieur de 10 millimètres à celui de l'orifice. (Pl. VIII, fig. 1 et 2.)	Fuite violente, au joint d'un bouchon autoclave dont la garniture en tresse d'amiante s'est arrachée.	Chef mécanicien tué.	Jeu excessif entre la nervure saillante du bouchon et le bord de l'orifice de la chaudière.

	[illegible]	en 12 rangées de 7. Les pots de communication entre le collecteur et les éléments sont maintenus sur le collecteur par des boulons à ancre. (Pl. VIII, *fig.* 3 et 4.)		gravité de ses conséquences à ce que la porte de devanture, n'étant pas assez solidement assujettie, s'est ouverte violemment et a donné libre passage au flux d'eau et de vapeur. (Voir circulaire du 7 juillet 1900.)]	boulons voisins étant affaibli par une fissuration analogue.
25 févr.	Distillerie agricole, à Lieusaint (Seine-et-Marne).	Chaudière horizontale non tubulaire, cylindrique, à deux bouilleurs inférieurs. Surface de chauffe, 37^{m2} ; capacité, 9^{m3},240. Timbre, 5 kg. 5.	Le bouilleur de droite, dans la région du coup de feu, s'est ouvert sur 1 m. 55 de longueur en pleine tôle, suivant une génératrice latérale au côté de la maçonnerie.	Pas d'accident de personne. Effets dynamiques assez importants.	Surchauffe dont la cause n'a pas été précisée.
2 mars	Papeterie, à Ponts-et-Marais (Seine-Inférieure).	Récipient lessiveur cylindrique, horizontal, terminé par deux fonds bombés portant les tourillons. Capacité, 5.900 litres ; timbre, 6 kg. Age et construction inconnus. Il présentait, en son milieu, une ouverture de chargement elliptique, sur le pourtour de laquelle la tôle de 13 millimètres d'épaisseur formant la paroi du récipient était doublée d'une collerette de raidissement de même épaisseur et de 10 centimètres de large ; cette ouverture était fermée par un tampon autoclave formé de deux tôles superposées, dont l'une débordait l'autre. (Pl. VIII, *fig.* 5 à 8.)	Rupture du bord du tampon sur environ la moitié de sa longueur circonférencielle, au cours d'une opération, et projection du tampon et du corps du lessiveur dans deux directions opposées. Le bord du tampon était fortement corrodé sur la face qui s'appuyait au pourtour de l'ouverture de chargement. Le bord de celle-ci était d'ailleurs usé par le frottement des outils, qui en avait arrondi l'arête vive.	Pas d'accident de personne. Dégâts matériels assez considérables.	Mauvais état de conservation des bords du tampon autoclave et de l'ouverture de chargement.
13 avril	Bateau à vapeur, entre Singapore et Colombo.	Chaudière Belleville. Timbre, 16 kg. ; surface de chauffe, 114^{m2},29 ; capacité, 2^{m3},965.	Un tube vaporisateur s'est séparé de sa boîte de raccordement arrière. (Pl. VIII, *fig.* 9 et 10.) Il n'était pas cintré, mais fortement corrodé à l'intérieur et le filetage était très usé. (Accident analogue du 28 avril 1905.)	Quatre tués ; un blessé grièvement ; un blessé légèrement. (L'accident a dû la gravité de ses conséquences à ce que le jet brûlant s'est fait jour par une ouverture ménagée dans la porte de devanture pour le passage du tuyau.	Corrosion et usure du filetage à l'emmanchement d'un tube vaporisateur.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
				de prise d'eau de la bouteille de niveau.) (Pl. VIII, *fig.* 11 à 13.)	
25 mai	Lavoir à laines, à Fresnes (Seine).	Chaudière horizontale non tubulaire, cylindrique, à deux bouilleurs. Capacité, $2^{m3},8$: timbre, 5 kg.	Déchirure du bouilleur de gauche qui s'est ouvert en pleine tôle, au coup de feu, sur 65 centimètres de long.	Trois ouvriers légèrement brûlés. Dégâts matériels peu importants.	Surchauffe par manque d'eau.
8 juin	Fabrique de papier de paille, à St-Junien (Hte-Vienne).	Chaudière semi-tubulaire à deux bouilleurs. Surface de chauffe, 87^{m2} ; capacité, $9^{m3},8$; timbre, 8 kg.	Ouverture de la tôle de coup de feu du bouilleur de droite, sur 1 mètre de longueur, avec bâillement de 10 centimètres.	Chauffeur tué. Aucun effet dynamique.	Surchauffe par manque d'eau.
6 juillet	Blanchisserie et teinturerie, à Thaon-les-Vosges (Vosges).	Chaudière De Naeyer. Timbre, 12 kg.; capacité, 2^{m3}. 168 tubes.	Rupture d'un boulon à ancre et désordres qui en sont résultés dans les dispositifs non autoclaves de la façade (Pl. IX, *fig.* 1 et 2.)	Un ouvrier tué.	Fissure ancienne du boulon à ancre.
19 juillet	Bateau à vapeur, à Rouen (Seine-Inférieure).	Clapet de retenue d'alimentation.	Soulèvement du plateau d'une boîte à clapet de retenue d'alimentation.	Chauffeur tué.	Serrage, sous pression de vapeur, d'un joint boulonné qui fuyait.
1er sept.	Mégisserie, tannerie et teinturerie de peaux, à St-Denis (Seine).	Récipient en cuivre offrant la forme générale d'une sphère de 1 m. 10 de diamètre. Capacité, 700 litres ; timbre, 3 kg. Formé de deux moitiés assemblées l'une sur l'autre par un grand joint boulonné. (Pl. IX, *fig.* 3.) L'appareil recevait la vapeur de chaudières timbrées à 11 kg., et récemment installées en remplacement d'autres qui n'étaient timbrées qu'à 7 kg. 5. Aucun détendeur interposé.	Séparation des deux moitiés par rupture de tous les boulons.	Pas d'accident de personne.	Excès de pression.
7 sept.	Battage des grains, au Pas	Chaudière locomobile. Surface de chauffe, 4^{m2} ; capacité, 380 litres ;	Écrasement du foyer intérieur de mauvaise forme et affaibli par	Trois hommes tués, deux hommes et	Amincissement et fatigue de la tôle du foyer et surélé-

		tubes à fumée en prolongement ; le foyer était à section méplate (36 centimètres dans le sens vertical et 48 centimètres dans le sens horizontal). (Pl. IX, *fig.* 4 et 5.)			
13 sept.	Bateau à vapeur, à Saint-Malo-Saint-Servan (Ille-et-Vilaine).	Boîte à soupapes greffée sur la façade de la chaudière par une tubulure horizontale en fonte ordinaire de fer. (Pl. IX, *fig.* 8 et 9.)	Rupture de la tubulure avec ouverture de 0 m. 10 × 0 m. 04.	Chauffeur tué.	Cause non précisée.
27 sept.	Chemin de fer, ligne de Vincennes (réseau de l'Est).	Boîte à clapet de retenue sur une locomotive.	A la suite d'une réparation à la tuyauterie d'un injecteur, le mécanicien voulut ouvrir le clapet ; celui-ci étant déjà ouvert, l'effort du mécanicien eut pour effet de dévisser le chapeau de la boîte, d'où projection dudit chapeau et échappement de vapeur.	Mécanicien tué par chute sur la voie.	Dévissage de la vis-bouchon de la boîte à clapet de retenue.
29 sept.	Forge, à Vireux-Molhain (Ardennes).	Chaudière multitubulaire Mathot. Timbre, 9 kg. Tubes de 5 mètres de long, 9 centimètres de diamètre extérieur et 4 millimètres d'épaisseur. Chauffée par les flammes perdues de deux fours à puddler.	Rupture d'un tube vaporisateur de la rangée inférieure, sur 40 centimètres de long, suivant une ligne irrégulière près de la génératrice supérieure et suivant des sections transversales aux deux extrémités de cette ligne, avec ouverture en grand, développement presque complet et déboîtement d'avec le collecteur d'arrière. (Pl. IX, *fig.* 10.)	Deux puddleurs légèrement brûlés.	Amincissement considérable du tube par corrosions extérieures attribuables à l'acidité et à l'humidité des suies.
1er oct.	Filature de coton, à Roubaix (Nord).	Chaudière composée de deux éléments juxtaposés, formés chacun de deux corps (de 1 mètre de diamètre et 9 m. 70 de long) superposés et reliés l'un à l'autre par cinq faisceaux de tubes vaporisateurs. Surface de chauffe, 224m². Timbre, 8 kg. (Pl. IX, *fig.* 11 à 13.)	Rupture d'un bouchon de tête en fonte, suivant la ligne des rivets qui l'assemblaient à la tôle. La rivure avait été faite sur trous venus de fonte et avec l'aide de la broche ; la qualité de la fonte de fer laissait à désirer. (Pl. IX, *fig.* 14 à 18.)	Sept tués, un blessé grièvement, deux blessés légèrement.	Cassures anciennes résultant du mode d'exécution de la rivure.
5 octobre	Usine d'extraits tanniques, à Coarraze-Nay (Basses-Pyrén.).	Récipient en bois légèrement tronconique, de 5 m. 10 de hauteur et 1 m. 90 et 1 m. 50 de diamètres extrêmes. Capacité, 11m³,6. Chauffé par de la vapeur de chaudières à 6 kg. Non éprouvé ; muni d'un manomètre et d'une soupape, celle-ci trop chargée eu égard à la résistance de l'appareil. (Pl. X, *fig.* 1 à 5.	Désorganisation du fond plat inférieur.	Trois tués, deux blessés grièvement, deux légèrement blessés.	Insuffisance de l'armature métallique du fond plat inférieur et surcharge de la soupape.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
26 oct.	Scierie de marbre, à Bellignies (Nord).	Chaudière semi-tubulaire à deux bouilleurs et trois parcours de gaz chauds. Capacité, $7^{m3},5$; surface de chauffe, 70^{m2} ; timbre, 7 kg.	Déchirure d'un bouilleur qui s'est ouvert au coup de feu, sur 1 m. 60 de long, en pleine tôle. (Pl. X, *fig.* 6 à 10.)	Un ouvrier tué, un grièvement brûlé. Faibles effets dynamiques.	Surchauffe dont la cause n'a pu être précisée.
29 oct.	Huilerie, à Marseille (Bouches-du-Rhône).	Chaudière semi-tubulaire. Capacité, $15^{m3},600$; surface de chauffe, 130^{m2} ; timbre, 10 kg.	Déboîtement d'un tube à fumée amovible à emmanchement différentiel système Berendorf.	Trois personnes grièvement brûlées.	Absence de pièce de garde au tube à fumée amovible.
9 nov.	Usine d'éclairage électrique, à Bordeaux (Gironde).	Locomobile. Surface de chauffe, 56^{m2} ; capacité, 4^{m3} ; timbre, 10 kg.	Écrasement du ciel du foyer, qui s'est rabattu en brisant sa jonction avec la face verticale d'arrière et en tournant autour de sa jonction avec la plaque tubulaire. (Pl. X, *fig.* 11 et 12.)	Chauffeur grièvement brûlé. Dégâts matériels considérables.	Surchauffe consécutive à un abaissement du plan d'eau.
21 nov.	Fabrique de produits tinctoriaux, à Marquette (Nord).	Chaudière semi-tubulaire à deux bouilleurs. Capacité, $11^{m3},5$; surface de chauffe, 75^{m2} ; timbre, 5 kg. 5. Age : 38 ans.	Vaste déchirure de la virole avant du bouilleur de droite et projection de sa tête en fonte. (Pl. X, *fig.* 13 et 14.) L'appareil contenait des dépôts calcaires atteignant, dans le bouilleur de gauche, 7 à 8 millimètres au coup de feu.	Chauffeur tué. Dégâts matériels importants.	Surchauffe par suite d'incrustations calcaires.
25 nov.	Chemin de fer, à Nancy (réseau de l'Est).	Chaudière Field de grue à vapeur.	Rupture de tube Field dont la calotte terminale, rapportée suivant une couronne tronconique de 6 millimètres de hauteur, s'est détachée : elle fuyait légèrement depuis la veille au soir.	Chauffeur grièvement brûlé.	Brusque détachement de la calotte d'un tube Field à fond rapporté.
28 nov.	Bateau à vapeur, à Gennevilliers (Seine).	Chaudière multitubulaire Roser à retour de flamme. Surface de chauffe, 83^{m2} ; timbre, 10 kg.	Déboîtement et projection vers l'avant d'un tube à fumée à emmanchement différentiel, qui se prolongeait à l'arrière par une partie filetée coiffée d'un écrou. (Pl. X, *fig.* 15 et 16.)	Mécanicien tué.	Usure des filetages du tube à fumée et de l'écrou. Cette usure résultait des températures et des effets de dilatation auxquels le tube était soumis dans le service, ainsi que de la brutalité des démontages et remontages de l'écrou.

RÉSUMÉ.

RÉPARTITION DES ACCIDENTS.

DÉSIGNATION		NOMBRE	TUÉS	BLESSÉS (*)
I. — Par nature d'établissements.				
Industrie métallurgique	Forge	1	»	»
Agriculture	Battage des grains	1	3	3
	Distillerie	1	»	»
Industries chimiques	Fabrique de produits tinctoriaux	1	1	»
	Blanchisserie et teinturerie	1	1	»
	Mégisserie, tannerie et teinturerie	1	»	»
	Usine d'extraits tanniques	1	3	2
	Huilerie	1	»	3
Tissus et vêtements	Filature de coton	1	7	1
	Lavoir à laines	1	»	»
	Peignage de laines	1	»	4
Industries diverses	Scierie de marbre	1	1	1
	Papeterie	2	1	»
Production d'éclairage électrique		1	»	1
Chemins de fer d'intérêt général		2	1	1
Bateaux à vapeur		5	8	1
	Totaux	22	26	17
II. — Par espèce d'appareils.				
1° *Chaudières non tubulaires :*				
A foyer extérieur, horizontales		2	»	»
2° *Chaudières à tubes de fumée :*				
A foyer extérieur, semi-tubulaires		4	3	4
A foyer intérieur	à flamme directe	2	3	4
	à retour de flamme	1	1	»
3° *Chaudières à tubes d'eau :*				
Ayant leur surface de chauffe entièrement tubulaire		4	6	5
Ayant une partie de leur surface de chauffe non tubulaire	à foyer extérieur	2	7	1
	à foyer intérieur (chaudière Field)	1	»	1
4° *Récipients*		3	3	2
5° *Appareils divers :*				
Clapets de retenue d'alimentation		2	2	»
Boîte à soupapes		1	1	»
	Totaux	22	26	17

(*) Ayant eu plus de vingt jours d'incapacité de travail. Pour les blessures moins graves, voir le bulletin détaillé, qui mentionne tous les blessés signalés par l'enquête administrative.

III. — D'après les causes présumées résultant de l'étude des dossiers administratifs.

1° *Conditions défectueuses d'établissement :*

Jeu excessif au pourtour d'un bouchon autoclave	1	4
Absence de pièce de garde à un tube à fumée amovible	1	
Rivure défectueuse	1	
Insuffisance de l'armature d'un fond	1	

2° *Conditions défectueuses d'entretien :*

Fissuration préexistante d'un boulon à ancre	2	8
Mauvais état des bords d'une ouverture de chargement et de son tampon autoclave	1	
Corrosion d'un tube vaporisateur dans son emmanchement	1	
Amincissement et fatigue de la tôle du foyer d'une locomobile	1	
Corrosion extérieure par des suies acides	1	
Détachement de la calotte d'un tube Field à fond rapporté	1	
Usure du filetage et de l'écrou, à l'extrémité d'un tube à fumée	1	

3° *Mauvais emploi des appareils :*

Surchauffe — par manque d'eau	3	10
Surchauffe — par incrustations calcaires	1	
Surchauffe — par cause non précisée	1	
Excès de pression dans un récipient	2	
Surélévation du timbre d'une locomobile	1	
Serrage de joint sur appareil en pression	1	
Dévissage de la vis-bouchon d'une boite à clapet de retenue	1	

4° *Causes non précisées :*

Surchauffe d'un bouilleur	1	2
Rupture de la tubulure d'une boite à soupapes	1	
TOTAL		24

NOTA. — On trouve 24 causes pour 22 accidents, parce que l'accident a été porté comme dû à 2 causes dans 2 cas, savoir :

Amincissement et fatigue de la tôle du foyer d'une locomobile et surélévation du timbre (7 septembre) ;

Insuffisance de l'armature du fond d'un récipient et excès de pression (5 octobre).

En outre des accidents d'appareils à vapeur rentrant dans le cadre de la statistique, il y a lieu de mentionner l'accident suivant :

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
22 sept.	Tréfilerie, à Saint-Denis (Seine).	Accumulateur de vapeur surmontant une chaudière Babcock et Wilcox. Cette chaudière faisait partie d'une batterie de cinq générateurs dont les tuyaux de vidange aboutissaient tous à un collecteur commun.	L'appareil était inactif, l'accumulateur détamponné, et un chaudronnier travaillait à l'intérieur. On a fait extraction à l'une des autres chaudières ; la vapeur est remontée du collecteur commun par le tuyau de vidange de l'accumulateur en réparation et a envahi celui-ci.	Chaudronnier tué.	Le robinet de vidange de l'accumulateur était ouvert alors qu'il aurait dû être fermé. La forme carrée que présentait la tête de ce robinet, sur laquelle s'emmanchait la douille de l'appareil de manœuvre, prêtait à erreur sur la position dudit robinet.

NOTE

SUR LA

QUESTION DES POUSSIÈRES

DANS LES MINES ANGLAISES

Par M. F. BREYNAERT, Ingénieur au Corps des Mines.

La question des poussières est de nouveau à l'étude en Angleterre. Une Commission spéciale, nommée en 1906, a été chargée de se prononcer sur les mesures utiles à prescrire pour éviter les explosions qui peuvent résulter de la présence des poussières. Elle a entendu les dépositions des inspecteurs des mines et d'un grand nombre d'exploitants. Nous nous proposons, dans cette note, de présenter les idées qui ont été émises dans ces dépositions et celles que nous avons recueillies dans les visites de mines que nous avons faites, au cours d'un récent voyage en Angleterre. Mais, auparavant, il convient de rappeler, en les précisant, les prescriptions réglementaires actuellement en vigueur.

I. — ÉTAT DE LA RÉGLEMENTATION.

La matière est régie par la combinaison du *Coal Mines Regulation Act* de 1887, du *Coal Mines Regulation Act* de 1896 et de l'ordonnance de 1898 du ministère de

l'intérieur sur l'emploi des explosifs, rendue en conformité de ce dernier *Act* (*).

La loi de 1887 ne parle pas d'arrosage général. En 1894, la Commission royale, dont M. l'Inspecteur général Aguillon a exposé les travaux dans les *Annales des Mines* (**), se prononça nettement pour la théorie poussiériste et proposa des mesures pour supprimer ou atténuer les dangers dont elle admettait l'existence. La loi de 1896 s'inspira des idées présentées dans le rapport de cette Commission, et, par son article 1er, le pouvoir de proposer, amender ou modifier les règlements particuliers de chaque mine était étendu et comprenait l'arrosage de la mine, de certaines voies ou de certains quartiers, et les procédés pour rendre cette mine, ces voies ou ces quartiers suffisamment humides (art. 1er, clause *d*). L'Administration acquérait donc le droit de prescrire l'arrosage dans la mesure qui lui aurait paru opportune.

Le *Home Office* demanda aux inspecteurs des mines, dans leur meeting de 1896, comment il conviendrait de faire usage de ce pouvoir. Ceux-ci émirent le vœu d'édicter la règle suivante : « Toutes les galeries, dans un rayon de 90 mètres autour du puits par lequel les ouvriers pénètrent ordinairement dans la mine, devront rester humides ou exemptes de poussière ; il en sera de même des voies principales de roulage, et, si la longueur de ces voies dépasse 450 mètres, on devra maintenir humides ou exempts de poussière des tronçons de 90 mètres, séparés par des intervalles n'excédant pas 450 mètres. » C'était créer un système de compartimentage par zones humides destinées à arrêter les explosions. En définitive, aucune règle ne fut édictée : on s'en remit à l'initiative des directeurs de mines.

(*) Cette ordonnance a été plusieurs fois modifiée sur des points de détail. La dernière modification est du 17 décembre 1906.

(**) *Annales des Mines*, 9e série. t. VII.

En 1902, une nouvelle consultation des inspecteurs des mines, à la suite des explosions de Llanbradach Colliery (1901) et d'Universal Colliery (1902), confirma le premier avis, mais les inspecteurs insistèrent sur l'insuffisance des règlements particuliers pour cette question. Ces règlements sont susceptibles, en effet, d'être soumis à l'arbitrage (*) et, dans ce cas, la procédure est très longue; aussi paraissait-il difficile d'imposer l'arrosage de cette façon. Dans le sud du pays de Galles, où, de leur plein gré, les exploitants pratiquaient beaucoup l'arrosage, on avait espéré rendre la mesure obligatoire. L'inspecteur du district essaya d'amener les propriétaires à accepter une prescription sur ce point, dans un nouveau type de règlements particuliers, que l'on établissait pour le district : il ne put y réussir. Finalement, le pouvoir accordé à l'administration sur ce point par l'*Act* de 1896 n'a été exercé nulle part jusqu'à présent.

Le tirage des coups de mine dans les parties sèches et poussiéreuses des mines de houille avait été déjà réglementé par la loi de 1887. La règle générale 12 (clause *h*) y prescrivait, soit l'arrosage dans un rayon de 18 mètres autour du coup, soit, aux endroits où l'arrosage pourrait endommager le toit ou le mur, l'emploi d'un explosif n'enflammant pas le gaz et la poussière ; elle admettait d'ailleurs que certaines dispositions, telles que le bourrage à l'eau, permettaient d'obtenir une sécurité suffisante. Il n'y avait pas, à cette époque, en Angleterre, de liste d'explosifs autorisés, ou, comme nous le disons sur le continent, d'explosifs de sûreté. Pour les endroits secs et poussiéreux situés dans une galerie principale de traînage mécanique ou y attenant, la clause *i* de la même règle générale édictait des prescriptions plus sévères. Il fallait remplir à la fois les deux prescriptions : arrosage et

(*) *Coal Mines Regulation Act*, 1887, art. 51 et seq.

moyens spéciaux de sécurité ; à défaut de l'une d'elles, on ne pouvait procéder au tirage qu'après avoir fait sortir de la mine tous les ouvriers du niveau intéressé, sauf ceux qui sont nécessaires à l'opération et aux services généraux de la mine, au nombre de dix au plus.

L'ordonnance de 1898 a établi une liste d'explosifs autorisés et en a rendu l'emploi obligatoire dans les galeries et dans les parties sèches et poussiéreuses des houillères qui ne sont pas naturellement humides dans toute leur étendue. Cette ordonnance précisait aussi la clause *i* citée plus haut, en interdisant le tirage des coups de mine dans les voies principales de roulage et les galeries d'entrée d'air de toute mine, à moins que la couche intéressée et les autres communiquant avec elle au même niveau n'aient été évacuées par les ouvriers ou qu'on emploie un explosif de sûreté et qu'on arrose dans un rayon de 18 mètres ; mais elle spécifiait que cette prescription ne s'appliquerait pas aux parties des galeries situées à moins de 90 mètres des chantiers.

La situation réglementaire est donc très nette pour les voies principales de roulage.

Pour les voies secondaires et les chantiers, la clause *h* de la loi de 1887 semblait devoir continuer à exiger l'arrosage autour des coups de mine, toutes les fois que cette pratique n'a pas d'influence fâcheuse sur le toit et sur le mur, et dans le cas contraire seulement on aurait pu admettre comme garantie suffisante, mais nécessaire, l'emploi d'un explosif de sûreté. Cette interprétation n'est pas admise en général, car elle paraît en contradiction avec l'ordonnance de 1898, qui impose bien l'emploi des explosifs autorisés dans toutes les parties sèches et poussiéreuses, mais arrête à 90 mètres des chantiers l'obligation d'employer à la fois l'arrosage et ces explosifs. La question n'a jamais été définitivement tranchée ; mais, en pratique, l'arrosage du chantier ne se fait presque jamais,

où il se fait dans des conditions très rudimentaires. On admet que les difficultés d'arrosage sont trop considérables, la loi n'exigeant du reste l'application des règlements généraux que dans la mesure où elle est raisonnablement possible (art. 49).

Ainsi, l'on peut résumer comme suit l'ensemble des dispositions réglementaires actuelles sur les poussières :

1° Aucune disposition pour se prémunir contre la propagation indéfinie de leur inflammation ;

2° Aucune disposition pour se prémunir contre une inflammation par coups de mine dans les tailles ou dans un rayon de 90 mètres des tailles ;

3° Dispositions imposées seulement pour le tirage des coups de mine dans les parties sèches et poussiéreuses des voies principales de roulage ou d'entrée d'air à plus de 90 mètres des tailles.

Si, comme nous allons le dire dans la seconde partie, on a pris quelques autres mesures contre les poussières dans certains districts ou certaines mines, c'est exclusivement sur l'initiative et la libre volonté de l'exploitant.

C'est dans ces conditions que le *Home Office* demande à la Commission actuelle s'il convient d'établir définitivement une réglementation générale pour l'arrosage des mines sèches et poussiéreuses et quelles sont les modifications à faire aux règlements existant déjà.

II. — EXPOSÉ DES IDÉES LES PLUS COURANTES EN ANGLETERRE SUR LA QUESTION DES POUSSIÈRES.

a) **Conditions d'inflammabilité des poussières.** — Les opinions généralement admises sur ce point sont les suivantes :

Toutes les poussières ne sont pas inflammables ; leur aptitude à l'inflammation dépend :

1° De la finesse du grain, sans qu'on puisse définir actuellement de limite précise : la poussière faite par les haveuses ne cause pas d'explosion ; la poussière des cribles, la poudre légère déposée sur les boisages des galeries sont extrêmement dangereuses ;

2° De la teneur en charbon pur. On cite des cas d'explosion où la flamme s'arrêta aux galeries dont la poussière était fortement siliceuse (*Talk of the Hill Colliery*, 1901).

Il est certain qu'une très petite quantité de poussière suffit à propager une explosion : dans les expériences faites à la galerie de Woolwich, on pouvait, après un premier essai, obtenir sans addition de charbon l'inflammation de la poussière non brûlée, restée adhérente aux parois.

La proportion d'air optima n'est pas mieux déterminée ; l'expérience montre que les explosions prennent naissance et se propagent, de préférence, dans les galeries principales, où la circulation d'air est intense ; la cause en est peut-être dans le fait que ces galeries sont aussi les plus poussiéreuses.

En somme, des études plus complètes sont indispensables pour faire une classification des mines poussiéreuses ou non poussiéreuses. Les expériences faites jusqu'ici n'ont guère prouvé que la possibilité d'une explosion de poussières.

L'origine des explosions de poussières est due, en général, à une des causes suivantes :

1° Une explosion de grisou ;

2° Le débourrage d'un coup de mine provoquant une inflammation de gaz, ou même l'inflammation directe de la poussière (explosions de Camerton et de Timsbury). La flamme ordinaire des lampes à feu nu n'est pas susceptible de déterminer une explosion ; peut-être une grande flamme, comme celle d'une lampe-torche, pourrait-elle le faire ; il y a eu des exemples d'allumage des poussières

sans coup de mine; mais c'était au chantier, et on ne peut jamais affirmer qu'il n'y ait pas eu de gaz à ce moment.

La propagation d'une explosion de poussières, d'après les expériences de Woolwich, semble être relativement lente au début; mais il est possible qu'au bout d'un certain temps la réaction devienne explosive.

b) **Moyens d'éviter les explosions de poussières.** — Nous examinerons successivement :

A. Les moyens proposés pour rendre inoffensive la poussière déposée dans les voies de roulage, et empêcher ainsi la propagation indéfinie d'une explosion;

B. Les moyens proposés pour arriver au même but par réduction ou suppression de ce dépôt;

C. Les précautions diverses suggérées pour le tirage des coups de mine, origine ordinaire des explosions.

A. MOYENS DE RENDRE INOFFENSIVE LA POUSSIÈRE DÉPOSÉE. — 1° *Arrosage*. — On est d'avis, en général, que l'arrosage peut être limité aux galeries et même aux galeries principales, dont la poussière est la plus fine et la plus dangereuse.

Il doit être complet et s'étendre particulièrement au toit et aux parois latérales; un arrosage par wagonnet percé est insuffisant. Le moyen le plus efficace est d'installer le long des galeries des conduites d'eau sous pression, avec prises de 50 en 50 mètres, pour arroser au moyen de lances. L'eau doit être répandue abondamment, pour pénétrer la poussière et non l'humecter superficiellement; mais l'emploi de grandes quantités d'eau entraîne des difficultés : il se produit des glissements de terrains, l'entretien des galeries devient onéreux, les accidents par éboulements sont plus nombreux. C'est la principale objection faite par les directeurs de mines à l'emploi de l'arrosage; les inspecteurs affirment au contraire que les difficultés seraient rarement importantes : d'après eux,

elles se présentent au début, mais disparaissent ensuite.

Une autre objection est tirée de l'influence de l'humidité sur la santé des mineurs, surtout dans les mines profondes et chaudes. La vaporisation de l'eau abaisse la température, mais la chaleur devient plus lourde, et le travail plus pénible ; cependant, à la Deep Navigation Colliery (675 mètres), on arrose toute la mine et on n'y trouve aucun inconvénient ; il est assurément plus sain de travailler en atmosphère humide que de respirer des poussières de charbon. On aurait reconnu, en Allemagne, d'après les inspecteurs des mines, que l'arrosage intensif ne développait pas l'ankylostomiase.

Quoi qu'il en soit, l'arrosage général ne s'est encore répandu que dans le pays de Galles et dans quelques très rares mines du Durham. Dans le district de Cardiff, soixante-deux mines sont pourvues d'une canalisation d'eau sous pression, avec plus de 400 kilomètres de tuyaux. Voici, par exemple, comment on procède à Llwnypia Colliery. Une conduite d'eau sous pression existe dans les galeries principales. Jusqu'à 200 yards (180 mètres) du puits, on arrose complètement au moyen de lances. Celles-ci sont munies, autour de l'orifice de sortie du jet, de petites griffes de cuivre, disposées en cercle, qu'on peut écarter ou resserrer à volonté, pour obtenir une pulvérisation plus ou moins complète. Au delà de 180 mètres, des ajutages sont placés sur la conduite de distance en distance, et envoient dans la galerie de petits jets d'eau pulvérisée. Enfin, dans les voies à traction animale, l'arrosage se fait simplement à l'aide d'un wagonnet. Les chantiers ne sont pas arrosés.

Voici un exemple du coût d'une installation de ce genre :

14.200 mètres de conduites de 37mm,5....	25.890 francs
Robinets de 37mm,5....................	540
Pièces d'attache......................	845
Ajutages de 18 mm.....................	1.750
Main-d'œuvre..........................	2.500
Tuyaux flexibles pour lances...........	305
Total....................	31.830 francs

Soit environ 2 fr. 25 par mètre.

Dans la mine où se trouve cette installation, le prix de revient de l'arrosage est de 2 centimes par tonne extraite. Ce chiffre comprend l'entretien de l'installation, mais non son amortissement, ni le prix de l'eau, qui peut être, dans certains cas, relativement élevé.

Pour le Durham, une estimation approchée a donné le minimum de 10 centimes par tonne.

Au lieu d'arroser à la lance, on a eu l'idée, à Browney Colliery (Durham), d'arroser les voies à l'aide de pulvérisateurs, plus particulièrement placés aux endroits où se produit la poussière.

L'installation, très économique, comprend :

1° Une pompe de refoulement;

2° Un tuyau distributeur d'eau sous pression;

3° Les appareils pulvérisateurs.

La pompe est une petite machine de 5 centimètres de diamètre et de 15 centimètres de course. Elle comprime l'eau à 6 ou 7 kilogrammes et reçoit son mouvement du traînage métallique des galeries. Dans une des galeries, où l'on fait le traînage par corde tête et corde queue, la pompe est entraînée par la corde latérale, au moyen de poulies : le mouvement est continu, dès que le traînage est en marche (Pl. XI, *fig.* 1 à 3); dans les galeries où le traînage se fait par câble sans fin, la pompe est entraînée par une chaîne mise elle-même en mouvement par les wagonnets; le mouvement est intermittent, même quand le traînage fonctionne; l'eau n'est pulvérisée qu'au

moment où passent les wagonnets (Pl. XI, *fig.* 4 à 6). La pompe puise son eau dans un petit réservoir, alimenté par un tuyau que commande un robinet à flotteur. Lorsqu'on dispose d'eau sous pression naturelle, l'eau d'un étage supérieur par exemple, on supprime les pompes et on alimente directement la canalisation.

Les tuyaux de la canalisation ont 20 millimètres de diamètre.

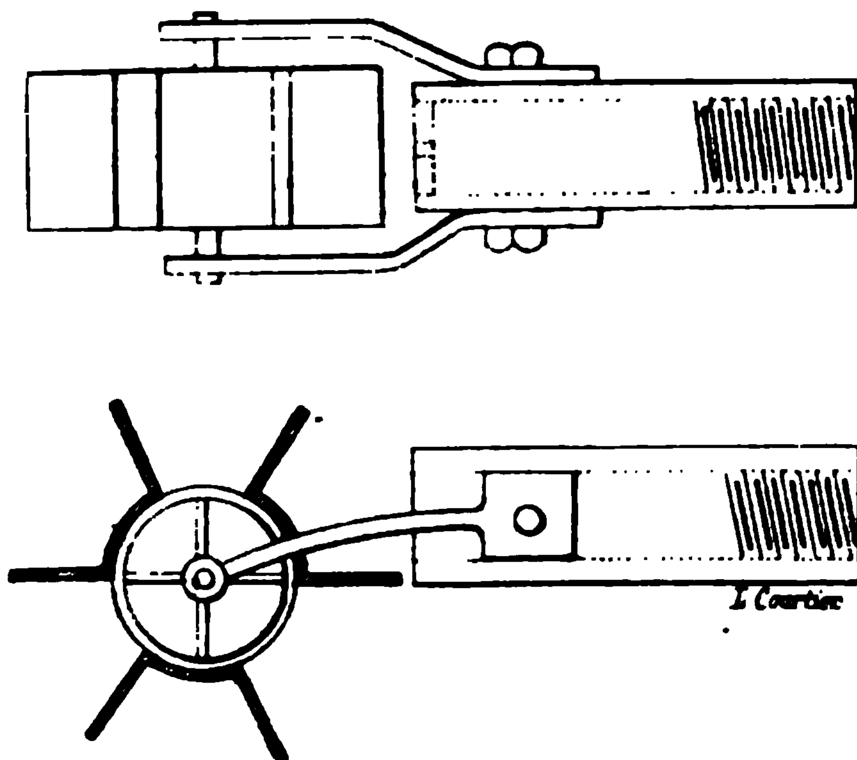


Fig. 1. — Pulvérisateur : premier modèle.

Les pulvérisateurs sont formés par des ajutages de même diamètre, percés à leur extrémité d'un très petit orifice devant lequel est placé un moulinet à ailettes. L'eau fait tourner rapidement ces ailettes qui la rejettent en brouillard fin. Il y a deux modèles de moulinets. Dans le premier modèle (*fig.* 1), le moulinet à six ailettes est simplement formé de trois plaques de laiton recourbées et soudées par leur milieu sur un petit tambour central; dans le second modèle (*fig.* 2), il y a, outre les six ailettes, un disque central qui aide à la division de l'eau. Le débit d'un ajutage de ce genre est d'environ 1 litre par minute. Ces pulvérisateurs sont portés en nombre variable sur des tuyaux transversaux placés au

toit des galeries. La distance entre deux de ces tuyaux est d'environ 100 mètres. Une pompe alimente, en général, trois branchements.

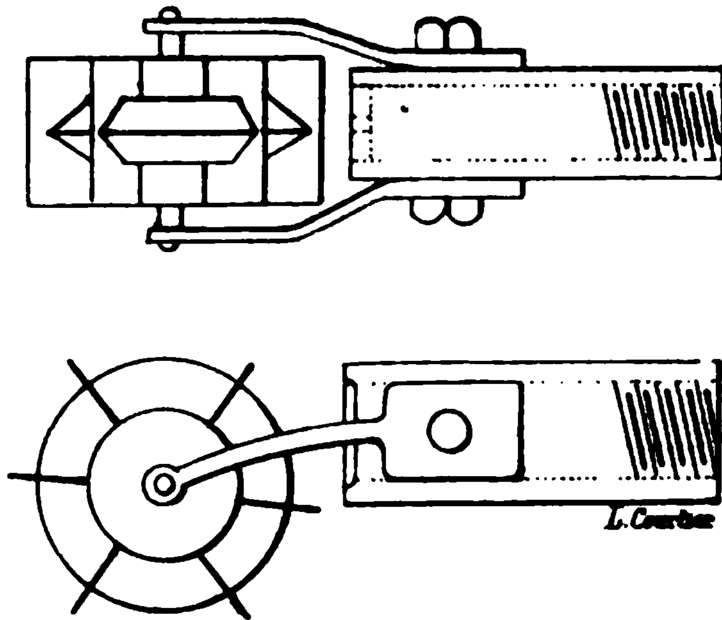


FIG. 2. — Pulvérisateur : second modèle.

L'avantage de cette installation est de n'être pas coûteuse et de ne pas faire d'arrosage excessif. Le courant d'air emporte jusqu'à 100 et 150 mètres le brouillard, qui pénètre convenablement la poussière; néanmoins, lorsque les terrains sont mauvais, il peut se produire, même avec ce système, des glissements et des éboulements.

2° *Système des zones.* — L'étude de plusieurs explosions aurait montré que l'inflammation des poussières pouvait être arrêtée par une zone humide, de longueur suffisante.

A l'explosion d'Albion Colliery (South Wales, 1894), la mine tout entière fut dévastée, à l'exception d'un quartier naturellement humide. En 1902, à Fochriw Colliery, l'explosion fut arrêtée par deux zones humides, l'une sur l'entrée, l'autre sur le retour d'air, qui évitèrent un grand désastre. Enfin, un exemple remarquable de l'efficacité d'une zone humide a été fourni par l'explosion de Blackwell Colliery en 1895. Un coup de mine surchargé enflamma les poussières à 375 mètres du puits, sur un traînage prin-

cipal. L'explosion se propagea vers le puits, mais elle rencontra, à 230 mètres de son origine (*fig.* 3), une galerie voûtée, humide, exempte de poussière, qui arrêta sa marche dans cette direction. Une galerie s'ouvrait à 130°, sur laquelle la voûte en brique s'étendait sur une longueur de 12 mètres seulement ; ce fut insuffisant pour arrêter l'explosion, et un autre district fut dévasté.

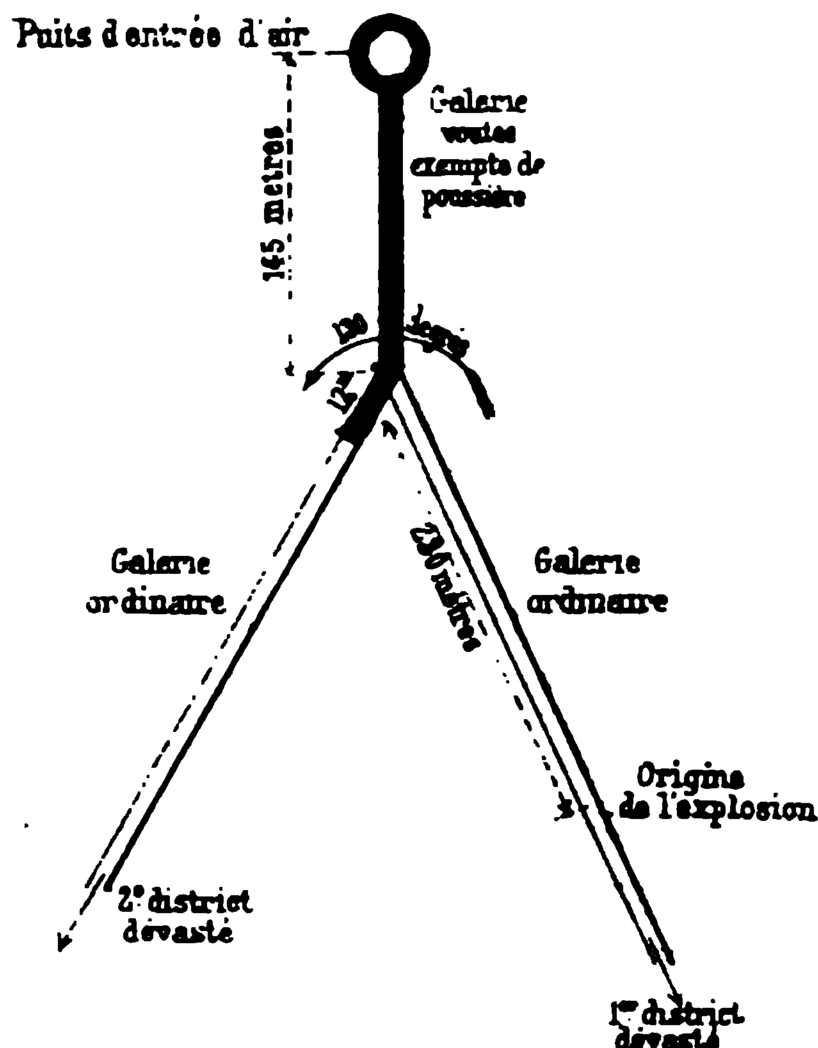


FIG. 3. — Explosion de Blackwell Colliery.

La difficulté est de savoir quelle longueur de galerie suffit à arrêter une explosion. Aucune expérience n'a donné d'indication sur ce point, et on admet en général, mais un peu au sentiment, qu'une longueur de 150 yards (135 mètres) et même de 100 yards (90 mètres) est suffisante. A Whitwood Colliery (South Yorkshire), où le système est appliqué, les districts sont sectionnés et les puits protégés par des tronçons voûtés de 200 yards (180 mètres), qu'on blanchit à la chaux et qu'on tient rigoureusement exempts de poussière. On arrive à ce

résultat au moyen d'un appareil aspirateur analogue au vacuum cleaner, employé dans le nettoyage des maisons. L'appareil a des dimensions qui lui permettent de passer partout où peut passer une berline ordinaire. Sa longueur est de 1m,85, sa largeur de 45 centimètres, sa hauteur de 1m,30. Il comprend une pompe, actionnée par un moteur électrique de 5 chevaux, qui peut être remplacé par un moteur à air comprimé. La poussière aspirée se dépose dans deux récipients : on peut ainsi vider et nettoyer l'un d'entre eux tandis que l'autre se charge. La machine porte cinq ou six tuyaux aspirateurs, qui peuvent être maniés en même temps : chaque ouvrier nettoie avec cet appareil environ 200 mètres carrés par heure. Dans d'autres mines, on enlève les poussières dangereuses dans les galeries voûtées par l'arrosage au moyen d'une conduite d'eau sous pression.

Ce système semble recommandable au cas où l'on a de réelles difficultés avec les mouvements du toit. Il a toutes les faveurs des directeurs de mines, qui redoutent surtout les dépenses que causerait l'affaissement des galeries ; en n'arrosant que les zones muraillées, ou en y employant le vacuum cleaner, on évite à coup sûr ces difficultés. De plus, l'installation serait en général peu coûteuse, car beaucoup de galeries, particulièrement près des puits, sont muraillées et pourraient être aisément adaptées à leur nouvelle destination.

Cependant, des ingénieurs doutent de l'efficacité de cette mesure ; même à Blackwell Colliery, où l'exemple semble être probant, l'inspecteur des mines attribua le rebroussement de l'onde explosive, non pas à la galerie voûtée, mais au fait qu'elle rencontra en ce point un courant d'air deux fois plus intense, de plus de 16 mètres cubes par seconde, produit par un ventilateur sous une dépression de 8 centimètres d'eau. Elle ne put remonter ce courant et prit la direction d'une de ses branches.

En tous cas, si le système des voûtes limite la propagation d'une explosion, les gaz méphitiques produits par la combustion du charbon se répandent partout. Un obstacle mécanique pourrait seul arrêter ces derniers, et l'on étudie actuellement, dans le district du centre, un système de portes en fer, à fermeture automatique, destiné à compléter une installation de compartimentage par zones.

3° *Autres moyens proposés.* — *a*) L'emploi du sel a été suggéré dans le Cheshire, où le voisinage des salines permet d'obtenir cette substance à très bas prix.

Un premier essai fut fait au chlorure de calcium sur une grand'route, à la traversée d'un village ; les résultats furent excellents : on fit alors l'essai de chlorure de sodium ordinaire dans une galerie de mine, servant à la circulation du personnel. On y répandit $2^t,5$ de sel sur une longueur de 500 mètres; la poussière se prit en galette, sauf aux endroits où elle était très abondante (10 à 15 centimètres d'épaisseur); en ces points, la croûte n'était que superficielle. L'action du sel se fit sentir non seulement sur le sol, mais sur les parois et le toit. La profondeur était de 230 mètres et la galerie servait de retour d'air.

L'humidité est indispensable pour obtenir une action efficace. Une galerie, traitée de la même façon, mais à 360 mètres de profondeur, donna des résultats moins satisfaisants ; il en serait de même probablement dans les entrées d'air.

Dans le cas d'arrosage, l'eau salée a une action plus efficace que l'eau ordinaire, comme on l'a constaté à Whitwood Colliery, où l'on emploie, dans les couches profondes qui ne souffrent pas de l'arrosage, de l'eau salée naturelle.

b) On a eu l'idée de mélanger des matières inertes à la poussière, pour la rendre inexplosible ; la proportion nécessaire est inconnue : on a même suggéré que, dans

les terrains schisteux, le mélange se fait naturellement par le piétinement des chevaux : dans un traînage par chevaux, en terrain de ce genre, on pourrait supprimer l'arrosage, alors qu'il faudrait le conserver avec un traînage mécanique.

c) L'emploi du vacuum cleaner, dont nous avons vu plus haut un exemple, ne peut être étendu qu'à des espaces très restreints. Le balayage et l'enlèvement à la pelle sont manifestement insuffisants, puisqu'une très petite quantité de poussière suffit à propager une explosion.

d) Signalons, enfin, une idée à tout le moins originale : on pourrait envoyer dans la mine de l'air chauffé à une température supérieure de quelques degrés à la température normale des travaux et saturé d'humidité ; le refroidissement produirait une condensation générale. Cette opération, périodiquement répétée, permettrait, peut-être, d'humecter suffisamment une mine peu poussiéreuse.

B. MOYENS DE RÉDUIRE OU DE SUPPRIMER LE DÉPÔT DES POUSSIÈRES DANS LES GALERIES. — La poussière déposée dans les galeries provient surtout :

1° Du charbon tombé des wagonnets ;

2° Du charbon entraîné par le courant d'air dans le traînage et dans le puits ;

3° Des poussières provenant du criblage et aspirées par le puits d'entrée d'air.

1° Les wagonnets sont la plupart du temps construits en bois de mauvaise qualité, qui, à la chaleur, se dessèche et joue. Le joint du fond et des parois présente presque toujours un jeu de 5 millimètres au moins ; dès que ces wagonnets sont mis en service, les chocs qu'ils reçoivent les disloquent complètement, et le charbon menu s'en échappe de tous côtés. Dans quelques districts, dans les Galles en particulier, certaines mines emploient encore des wagonnets ouverts, munis simplement d'une grille à une extrémité. Cette habitude s'est introduite par la

coutume de ne payer au mineur que le gros charbon.

La manière simple de remédier à ce mal est d'employer des wagonnets étanches, tels que les wagonnets en tôle d'acier, dont l'usage est très répandu sur le continent. Les ouvriers font parfois quelques difficultés à les accepter, à cause de l'accroissement du poids ; on peut rendre alors étanches les wagonnets de bois en les munissant d'un fond en tôle et en consolidant leurs joints à l'aide de cornières ou de bandes de fer.

2° Même avec un modèle de wagonnets étanches, le courant d'air enlève de la poussière durant le traînage et la dépose dans les galeries. Pour supprimer cette cause de danger, on peut employer trois méthodes :

a) La fermeture des wagonnets par un couvercle : solution radicale, mais qui n'est employée nulle part ;

b) L'arrosage des wagonnets chargés, au départ du chantier, en divers endroits du parcours et au puits ; cet arrosage, pour être efficace, doit être abondant, car le courant d'air évapore rapidement l'eau d'aspersion ; certains ingénieurs prétendent que cette pratique endommage le charbon, surtout les espèces tendres, telles que le charbon de ménage ;

c) La poussière serait enlevée moins aisément si le courant d'air était moins rapide. On peut arriver à ce résultat, sans diminuer la ventilation, en élargissant les entrées d'air ; mais une solution plus élégante et moins coûteuse serait de se servir des retours d'air pour faire le traînage et du puits de sortie d'air pour faire l'extraction : le wagonnet marcherait dans le sens de l'air, les vitesses relatives seraient diminuées et les poussières qui s'envoleraient néanmoins seraient transportées vers le puits et non vers les chantiers.

3° Les poussières fines des criblages, aspirées par le puits d'entrée d'air, ont une importance considérable. Elles peuvent être transportées dans la mine par le courant

d'air, à une distance de plus de 1.000 mètres ; l'on cite une galerie, réservée au personnel, où ne passait jamais de charbon et dans laquelle, à 100 yards (90 mètres) du puits, se trouvait une couche de 5 à 6 centimètres de poussière très fine.

Il serait bon, dans toute installation nouvelle, d'éloigner le criblage du puits d'entrée d'air; mais on estime qu'il ne convient pas d'en faire une obligation : la chose n'est pas toujours possible, en raison du terrain dont on dispose ou de la situation de la mine. Quant aux criblages existant actuellement, on ne peut chercher qu'à arrêter leur poussière, car il serait coûteux et parfois impossible de changer leur emplacement. On peut placer les grilles et les culbuteurs dans des enveloppes, d'où un ventilateur aspire la poussière et l'envoie à une chambre de dépôt (Pl. XI, *fig*. 7 et 8). Cette poussière est vendue aux fonderies pour la fabrication des moules. A Browney Colliery, les pulvérisateurs dont nous avons déjà parlé ont été employés avec beaucoup de succès près des culbuteurs et des grilles. Les pompes sont actionnées par une courroie sur l'un des arbres de l'atelier.

Enfin, on pourrait fermer le puits d'entrée d'air comme le puits de retour d'air et le munir d'une galerie d'aspiration de 50 ou 60 mètres de longueur, débouchant loin de tout criblage. Cette disposition présente toutefois l'inconvénient de gêner et de ralentir les manœuvres.

C. Précautions diverses relatives au tirage des coups de mine. — L'origine de la plupart des explosions de poussières est le tirage d'un coup de mine ; en faisant cette opération entre les postes, quand il n'y a au fond que les boutefeux et les ouvriers indispensables aux services généraux, très peu de personnel est exposé à être atteint, en cas de catastrophe.

Actuellement, cette organisation du travail n'est imposée que dans les cas mentionnés dans la première partie

de cette note ; elle est adoptée dans un très petit nombre de mines sur les conseils de l'inspecteur ; beaucoup d'ingénieurs estiment qu'on ne saurait en faire une obligation absolue. Dans les couches dures, où tout le charbon est abattu par explosif, on peut diviser le travail : le mineur prépare durant son poste les trous de mine destinés au sautage de la nuit et déblaie le charbon abattu la veille par les explosifs ; mais, dans les couches moyennement dures, où l'abatage se fait normalement au pic, la difficulté serait plus grande, car, à tout moment, le mineur peut être arrêté par une veine plus résistante et avoir besoin d'un coup de mine. Dans les houillères, où l'on travaille à deux postes (six heures à deux heures et deux heures à dix heures), on pourrait faire le tirage de dix heures à six heures ; mais il faudrait tolérer la présence, dans la mine, du poste de rouleurs pendant l'opération.

On estime donc généralement qu'on ne peut réglementer la question sans faire de distinction entre les mines ; ainsi, par exemple, on pourrait en exempter les exploitations où l'arrosage général est pratiqué. On reconnaît aussi, sauf dans quelques mines, où l'entretien des galeries est difficile, que le tirage au rocher pourrait être interdit durant les postes : l'expérience apprend que la poussière est plus dangereuse dans les voies qu'au chantier et plusieurs catastrophes ont eu pour origine des coups de mine au rocher.

Quant à l'arrosage autour d'un coup de mine avant d'y mettre le feu, nous avons vu, au début de cette étude, dans quelles conditions il est actuellement prescrit. Cette mesure apparaît à tous comme une précaution indispensable. Certains inspecteurs voudraient la voir imposée aux chantiers, malgré les difficultés d'application, et trouvent insuffisant le rayon de 18 mètres ; les enquêtes faites à la suite d'accidents ont cependant montré que la règle actuelle même est parfois observée incomplètement.

Les inspecteurs encouragent la diminution de l'emploi des explosifs par le développement de l'emploi des coins hydrauliques et autres appareils; mais cette diminution entraîne un accroissement du prix du charbon.

Enfin, on songe à faire une nouvelle classification des explosifs, en tenant compte de leur aptitude à enflammer la poussière. Les explosifs lents enflamment la poussière plus aisément que les explosifs brisants, mais ils présentent moins de cas de détonation intempestive. Les statistiques d'accidents montrent que ce dernier avantage peut contrebalancer l'inconvénient de petites explosions locales de poussières; mais il ne peut entrer en ligne de compte avec le risque de catastrophe. Aussi a-t-on l'idée de diviser en deux classes les explosifs autorisés :

Classe I : ceux qui résistent à l'essai de Woolwich (détonation d'un coup bourré dans un mélange de gaz explosif) et à une série d'essais plus sévères, analogues à ceux du continent et qui sont à l'étude ;

Classe II : ceux qui résistent à l'essai de Woolwich seul.

Les premiers seraient autorisés sans restriction ; les autres ne le seraient qu'au chantier, où la poussière est moins inflammable que dans les galeries, et sous certaines conditions (par exemple, arrosage, tirage entre postes...) ; mais les idées ne sont pas encore précises sur ce point.

Conclusion. — On voit, par cet exposé, qu'on paraît se préoccuper sérieusement, en Angleterre, de lutter contre les dangers des poussières. Ce qui semble manquer le plus actuellement, c'est la connaissance exacte des conditions de leur inflammabilité.

Si l'on veut, à la suite des travaux de la Commission, rendre obligatoires certaines mesures de précaution, il sera impossible de définir les mines dangereuses, auxquelles s'appliquera le règlement, et les mines qui en

seront exemptes : il n'y a pas de critérium pour le classement, et l'on réclame avec instance les recherches scientifiques nécessaires pour l'établir. On peut donc dire qu'on s'attaque au mal avant même de connaître exactement son étendue, et c'est l'histoire de beaucoup de règlements anglais : une mesure est adoptée, à la suite d'accidents, par quelques grandes mines ; les résultats paraissent bons, d'autres mines moins importantes imitent, et la mesure est imposée, pour ainsi dire, par l'opinion publique. Alors seulement intervient la loi pour obliger les retardataires à se conformer au mouvement. Le Home Office demande, en somme, à la Commission, d'apprécier si la question des poussières est entrée dans cette troisième phase, et quelles solutions on pourrait adopter.

BULLETIN.

ACTES DE COURAGE ET DE DÉVOUEMENT.

ACCIDENTS SURVENUS DANS LES MINES ET CARRIÈRES.

Extraits des rapports du ministre de l'intérieur approuvés par le Président de la Républ en 1907 (*).

NOMS prénoms et qualités	LIEUX et dates	ANALYSE des faits	RÉCOMPENSES décernées — MÉDAILLES en or	en argent	MÉDAILLES de bronze — MENTIONS honorables — LETTRES de félicitations
		19 janvier 1907. **NORD.**			
ROMPTEAU (Victor), ouvrier mineur à Raulx;	Dauchy (18 septemb. 1906).	Ont exposé leur vie en portant secours à un mineur pris sous un éboulement et grièvement blessé.	»	»	Lettre de félicitations
CRÉTEUR (François-Emile),			»	»	*id.*
CARTIGNY (Henri), ouvriers mineurs à Lourches.			»	»	*id.*
		10 mai 1907 **SAVOIE.**			
COLLET (Jean-Baptiste), tâcheron aux carrières de Roche-Noire à Saint-Jean-de-Maurienne.	Saint-Jean-de-Maurienne 13 septemb 1906).	A couru les plus grands dangers pour mettre les mineurs placés sous ses ordres en garde contre un formidable éboulement souterrain; a exposé sa vie pour faire remonter à temps le personnel qui put ainsi, grâce à lui, échapper tout entier à la catastrophe.	»	2e cl	»

(*) Cet état fait suite à celui qui a été inséré dans le 2e volume de 1906 (p. 618).

NOMS ...oms et qualités	LIEUX et dates	ANALYSE des faits	RÉCOMPENSES décernées MÉDAILLES en or	 en argent	 MÉDAILLES de bronze — MENTIONS honorables — LETTRES de félicitations
		17 juin 1907.			
		NORD.			
z 'Leon).	Bruay 22 novemb. 1906)	Ont exposé leur vie pour dégager un de leurs camarades victime d'un accident au fond de la mine	»	»	Mention honorable.
x(Léon), mineurs ...ay-sur-l'Escaut,			»	»	*id.*
(Albert-Berthon, ...r à Escaut-Pont.			»	»	*id*
		PAS-DE-CALAIS.			
(Léon-Aime-Phi-..., ingénieur;	Liévin (28 janvier 1907).	Ont exposé leur vie pour porter secours à leurs camarades victimes d'une explosion de grisou.	»	2e cl.	»
'ern.-Ildephonse), ...être;			»	*id.*	»
Albin-Fleury), po-			»	*id.*	»
Alf.), chef porion.			»	»	Mention honorable.
n(Achille), ancien n,			»	2e cl.	»
Auguste Joseph), ...ır:			»	1re cl.	»
dol., chef porion:			»	2e cl	»
r (Jules-Albert), ...ur;			»	*id.*	»
Joseph), mineur;			»	*id.*	»
(Julien-Joseph), n;			»	*id.*	»
. Jules), mineur,			»	*id.*	»
s(Achille), porion,			»	*id.*	»
. (Arthur-Hector, ...illant;			»	»	Mention honorable.
François porion, ...ines de Liévin.			»	»	*id.*
		9 juillet 1907			
		LOIRE			
Antoine, boiseur	La Chazotte (25 avril 1907)	Ont été gravement contusionnés et ont courageusement exposé leur existence en portant secours à un mineur enseveli sous un éboulement.	»	»	Mention honorable.
n Joannès-Bar...ny), boiseur;			»	»	*id.*
(Pierre), sous-...rneur; ...es de la Chazotte			»	»	*id.*

NOMS prénoms et qualités	LIEUX et dates	ANALYSE des faits	RÉCOMPENSES décernées MÉDAILLES en or	 MÉDAILLES en argent	 MÉDAILL de bron — MENTION honorab — LETTRE de félicitat
		PAS-DE-CALAIS.			
Dégréaux (Léon), délégué mineur ; **Sellier** (Edgard-Louis), surveillant : aux mines de Liévin.	Liévin (28 janvier 1907).	Ont coopéré au sauvetage de mineurs victimes d'une explosion de grisou.	» »	2ᵉ cl. *id.*	» »
		5 octobre 1907.			
		GARD.			
Euzeby (Arthur), gendarme à la 15ᵉ légion.	Saint-Martin-de-Valgalgues (6 juil. 1907).	A aidé à sauver un homme sur le point de périr asphyxié par suite d'un dégagement considérable d'acide carbonique.	»	»	Lettre de licitation
		16 octobre 1907.			
		GARD.			
Arnal (Armand-Paul), mineur ; **Figuière** (René-Germain), instituteur, à Saint-Martin-de-Valgalgues.	Saint-Martin-de-Valgalgues (6 juil. 1907).	Ont exposé leur vie en portant secours à des personnes en danger de périr asphyxiées.	» »	» »	Lettre de licitation *id.*

LÉGISLATION ÉTRANGÈRE.

ALSACE-LORRAINE.

Loi du 22 juin 1907 sur la suspension de l'institution des mines de houille et de sel.

Le régime des mines en Alsace-Lorraine a été fixé par une loi du 16 décembre 1873, qui n'est en quelque sorte que la reproduction de la loi prussienne du 24 juin 1865. Comme l'a fait pour la Prusse la loi Gamp du 5 juillet 1905 (*), une loi du 22 juin 1907 est intervenue pour suspendre provisoirement en Alsace-Lorraine l'institution de mines de houille et de sel. Seulement, tandis que la suspension en Prusse avait été édictée pour deux ans, elle n'est que d'un an pour l'Alsace-Lorraine, et, dans ce délai, le Gouvernement devra présenter le projet de loi portant modification de la loi organique de 1873.

Exception à la suspension est accordée en faveur des sondages qui étaient commencés avant le 10 février 1907, date à laquelle le projet de loi sur la suspension a été présenté, ainsi qu'aux sondages qui seraient entrepris dans un rayon de 2.000 mètres d'une découverte (*Fundpunkt*) qui aurait été officiellement établie avant la promulgation de la loi du 22 juin 1907, à moins que, dans ce dernier cas, l'intéressé eût, dans la quinzaine de la date de la loi du 22 juin 1907, déclaré renoncer au bénéfice de cette disposition. Dans tous les cas, l'intéressé doit avoir présenté avant le 22 juin 1908 le plan définitif de la *Mutung* par lui réclamée.

Ces diverses *Mutungen* devront acquitter à l'institution de la propriété un droit de timbre de 6.250 francs au lieu du précédent de 1.250 francs, ce qui équivaut, à raison de 200 hectares par *Mutung*, à 31 fr. 25 au lieu de 6 fr. 25 par hectare.

L. A.

(*) Voir sur la loi Gamp : *Annales des mines*, 1906, t. IX, p. 130.

tation dans les gaz et les liquides. Tours, impr. Deslis frères. In-8°, 16 p. avec 2 fig. (6190)

Deuxième supplément au Dictionnaire de chimie pure et appliquée de A.-D. Wurtz, publié sous la direction de C. Friedel, membre de l'Institut, Académie des sciences (Lettres A à H), et C. Chabrié, chargé de cours à la Faculté des sciences de l'Université de Paris (Lettres H à Z). Avec la collaboration de MM. V. Auger, E. Band, G. Baume, M. Billy, A. Binet du Jassonnex, G. Blanc, A. Bouchonnet, L. Bourgeois, A. Bouzat, R. Cambier, etc. Fascicules 58 à 60 et 64. Paris, Hachette et Cie. In-8° à 2 col., p. 561 à 800 avec fig.; 96 p. avec fig. Le fascicule, 2 fr. (5779-6016-6729-10476)

Duparc (L.) et A. Monnier. — Traité de chimie analytique qualitative, suivi de Tables systématiques pour l'analyse minérale. Paris, Alcan. Genève, Kündig. In-8°, x-374 p.

Guyot (J.). — La Théorie de Nernst et l'Electro-capillarité. Tours, impr. Deslis frères. In-8°, 23 p. (7891)

Néculcéa (E.). — Recherches théoriques et expérimentales sur la constitution des spectres ultra-violets d'étincelles oscillantes. Paris, *l'Eclairage électrique*. In-4°, 224 p. avec fig. et 6 pl. (10043)

Rengade (E.). — Contribution à l'étude des oxydes anhydres des métaux alcalins (thèse). Paris, Gauthier-Villars. In-8°, 95 p. avec fig. (5679)

Sagnac (G.). — Sur la théorie des diélectriques et la formule de Clausius. Paris, bureaux du *Journal de physique*. In-8°, 7 p. avec fig. (7999)

Weiss (P.). — L'Hypothèse du champ moléculaire et la Propriété ferromagnétique. Electro-aimant de grande puissance. Tours, impr. Deslis frères. In-8°, 48 p. avec fig. (9192)

Weiss (P.) et A. Cotton. — Mesure du phénomène de Zeeman pour les trois raies bleues du zinc. Tours, impr. Deslis frères. In-8°, 19 p. avec 6 fig. (8047)

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

Baudon (T.). — Les Eolithes du mont Sainte-Geneviève. Du débitage industriel du silex et de la retouche intentionnelle de l'outil. Le Mans, impr. Monnoyer. In-8°, 12 p. avec fig. (9220)

Carte géologique détaillée de la France, à l'échelle de 1/80.000. Feuille 64 : Chartres. — Feuille 76 : Laval. — Feuille 106 :

Angers. — Feuille 155 : Guéret. — Feuille 181 : Libourne. — Feuille 226 : Bayonne. — Feuille 264 : Ajaccio. Avec notices explicatives. Chaque feuille, 6 fr. Paris, Ministère des Travaux publics. (786)

Courty (G.). — Principes de géologie stratigraphique, avec développements sur le tertiaire parisien. Ouvrage rédigé d'après des documents inédits de *Munier-Chalmas*, membre de l'Institut ; avec une préface de *Stanislas Meunier*, professeur au Muséum d'histoire naturelle. Paris, Hermann. In-16, XIII-79 p. avec fig. (5762)

—— Explorations géologiques dans l'Amérique du Sud. Suivi de tableaux météorologiques. Paris, Le Soudier. Grand in-8°, XIV-208 p. avec fig. et planches. (10471)

Ferrasse (E.). — La Cesse, affluent subaérien et souterrain de l'Aude. Exemple de capture souterraine avec changement de vallée. Paris, Impr. nationale. In-8°, 15 p. avec fig. (5603)

Guébhard (A.). — Sur l'antiquité des superstitions attachées aux coquilles fossiles. Le Mans, impr. Monnoyer. In-8°, 4 p. (7346)

Guicherd (J.), L. Collot, G. Curtel. — Carte et Etude agronomique des terres d'Orgeux, canton de Dijon-Est (Côte-d'Or). Poligny (Jura), impr. Jacquin. In-16, 72 p. avec 1 carte dans le texte et 1 carte hors texte. (8433)

Labat (A.). — Le Volcanisme. Souvenirs des leçons de mes maîtres Daubrée, Hébert, S. Meunier. Paris, J.-B. Baillière et fils. Petit in-8°, 79 p. (6052)

Létienne (A.). — Les Races quaternaires. Paris, J.-B. Baillière et fils. In-18 jésus, 36 p. avec fig. (6264)

Martin (H.). — Recherches sur l'évolution du moustérien dans le gisement de La Quina (Charente). Préface de M. *Adrien de Mortillet*. 1er fascicule : Ossements utilisés. Paris, Schleicher frères. Grand in-8°, VII-70 p. et 14 pl. (7374)

Mary (A.). — Recherches géologiques, hydrologiques et biologiques sur les souterrains de Saint-Martin-le-Nœud (Oise). Paris, Impr. nationale. In-8°, 16 p. et pl. (5649)

Mary (A. et A.). — Notes pour servir à l'étude hydrogéologique et spéléologique du soulèvement du Bray et des accidents synchroniques. Préface de M. *Albert de Lapparent*, membre de l'Institut. 2e tirage, revu et augmenté d'une introduction des auteurs. Paris, Rousset. In-8°, 34 p. et 3 pl. 1 fr. (7375)

Noël (E.). — Note sur l'usure des corps ronds et en particulier des galets. Nancy, impr. Berger-Levrault et Cie. In-8°, 45 p. avec fig. (9385)

PIETTE (E.). — L'Art pendant l'âge du renne. Album de cent planches dessinées par *J. Pilloy*. Paris, Masson et Cie. Grand in-4°, IV-120 p. avec fig. et portrait. (6515)

RONDEAU (E.). — A propos de la feuille géologique d'Angers. Angers, Germain et Grassin. In-8°, 14 p. et planche. (8514)

Résultats de la mission géologique et minière du Yunnan méridional (septembre 1903-janvier 1904); par M. *H. Lantenois*, ingénieur en chef des mines, directeur du service des mines de l'Indo-Chine; avec la collaboration de MM. *Counillon*, *H. Mansuy*, *R. Zeiller* et *L. Laurent*. Paris, Dunod et Pinat. In-8°, 209 p. et 5 pl. (Extr. des *Annales des Mines*.)

RUTOT (A.). — Sur la signification du gisement sous-marin de la plage du Havre; le Strépyien et son extension en France. Sur l'âge du gisement de la Micoque (Vézère); Sur l'extension du Flénusien en France : Causerie sur les mouvements de la Plaine maritime en Belgique et sur ceux du Morbihan pendant l'époque moderne. Communications au congrès préhistorique de France (2e session, Vannes, 1906). Le Mans, impr. Monnoyer. In-8°, 32 p. avec 3 fig. (8281)

THOMAS (P.). — Essai d'une description géologique de la Tunisie d'après les travaux des membres de la mission de l'exploration scientifique de 1884 à 1891, et ceux parus depuis. 1re partie : Aperçu sur la géographie physique. Paris, Impr. nationale. In-8°, XXXII-217 p. avec 16 fig. et 2 cartes. (9171)

4° *Mécanique appliquée et Machines.*

BERTHIER (A.). — Les Nouvelles Machines thermiques. Moteurs rotatifs et Turbines à vapeur et à gaz. Turbines à gaz facilement liquéfiables. Paris, Desforges. In-8°, XII-324 p. avec 152 fig. (8687)

BLANCARNOUX (P.). — Le Mécanicien industriel. Manuel pratique à l'usage des mécaniciens, contremaitres, ouvriers, chauffeurs, apprentis, élèves et anciens élèves des écoles industrielles, etc. Précis de sciences mécaniques; Chaudières et Machines; Moteurs divers; Mécanismes d'ateliers. Paris, Dunod et Pinat. In-8°, VI-820 p. (8996)

Bulletin des accidents d'appareils à vapeur survenus pendant l'année 1905. Tours, impr. Deslis frères. Paris, Dunod et Pinat. In-8°, 16 p. et pl. (Extr. des *Annales des Mines*.) (5553)

BUZENAC (E.). — Étude sur le frottement, le graissage et les lubrifiants. Paris, Chapelot et Cie. In-8°, 144 p. avec fig. (6670)

CARALP (H.). — Chaudières et Machines de la marine de guerre. 2 volumes : Machines. 2e édition, revue et augmentée. Paris, Challamel. In-8°, 590 p. avec fig. (9007)

Exposé des avantages offerts par l'application d'un nouveau générateur de vapeur à feu grégeois (Système Brünler). Paris, impr. Plon, Nourrit et Cie. In-4°, 7 p. (6756)

FERROUILLAT (P.) et J.-H. SOURISSEAU. — Contribution à l'étude des réservoirs d'air sur les pompes à piston à double effet. Montpellier, Coulet et fils. Grand in-8°, 46 p. avec fig. (7746)

L'HONORÉ (H.). — Note sur l'allumage électrique des moteurs à gaz et à pétrole. Paris, Dunod et Pinat. In-4°, 31 p. avec 37 fig. (10370)

MERLOT (J.). — Manuel de l'ouvrier mécanicien. Guide du monteur comprenant : la description des instruments employés dans le montage, le montage des bâtis de machines, l'exécution des différents genres de joints, le montage des conduites, le montage des organes de machines, la recherche, la localisation et la correction des défauts de montage, le réglage des mécanismes de distribution, le montage des transmissions et de leurs accessoires. Paris, Béranger. In-8°, II-287 p. avec fig. (8235)

RÉSAL. — Rapport sur l'« Autoloc », dispositif de blocage automatique et instantané, présenté au Comité de l'exploitation technique des chemins de fer, au nom de la commission des inventions. Paris, Dunod et Pinat. In-8°, 11 p. avec 6 fig. (Extr. des *Annales des Mines*.) (8936)

ROUSSELET (L.). — Mécanique, Electricité et Construction appliquées aux appareils de levage. Les Ponts roulants actuels (Généralités ; Moteurs ; Treuils ; Freins automatiques ; Vis sans fin ; Chaînes diverses et Câbles ; Noix ; Pignons-Galle, etc.). Paris, Dunod et Pinat. Grand in-8°, VI-553 p. avec 284 fig. et 11 pl. 35 fr. (10087)

VALBREUZE (R. de) et C. LAVILLE. — Eléments de mécanique et d'électricité. Paris, Dunod et Pinat. In-16, VI-379 p. avec fig. 7 fr. (7431)

5° *Applications industrielles de la physique et de la chimie. — Métallurgie.*

GAILLET (P.). — Cours de physique industrielle. Lille, Le Bigot frères. In-4°, 516 p. avec 416 fig. (6030)

GEORGEOT. — Fabrication du fer-blanc. 2e édition, revue et cor-

rigée. Paris, Dunod et Pinat. Petit in-8°, 96 p. avec fig. 2 fr. 50. (6768)

La Coux (H. de). — L'Ozone et ses applications industrielles (Propriétés physiques; Physiologie; Production; Actions chimique et microbiologique; Applications; Analyses). Paris, Ve Dunod. In-8°, 562 p. avec 159 fig. 15 fr. (8208)

Picot. — Une aciérie moderne. Contribution de la science à son installation et à son fonctionnement. Besançon, impr. Jacquin. Petit in-8°, 12 p. (6514)

Post (J.) et B. Neumann. — Traité complet d'analyse chimique appliquée aux essais industriels. Avec la collaboration de nombreux chimistes et spécialistes. 2e édition française entièrement refondue, traduite d'après la 3e édition allemande et augmentée de nombreuses additions par le docteur *L. Gautier*. T. 1er. 1er fascicule : Eau et Eaux résiduaires; Combustibles ; Pyrométrie ; Gaz des fumées, Gaz de chauffage, Gaz des moteurs et Gaz des mines. T. 2. 1er fascicule : Chaux, Mortiers et Ciments; Plâtre; Produits céramiques; Verres et glaçures. Paris, Hermann. In-8°, 223 p. avec 104 fig; 206 p. avec fig. (7979-10257)

Révillon (L.). — Les Aciers spéciaux. Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie. In-16, 188 p. avec fig. (8937)

Robert (P.). — L'aluminium en douze leçons. Paris, Muller. Petit in-8°, 67 p. avec fig., portrait et planches. 2 fr. 25. (10081)

Schnabel (C.). — Traité théorique et pratique de métallurgie. Cuivre; Plomb; Argent; Or. 2e édition française publiée d'après la 2e édition allemande, revue et augmentée des travaux les plus récents, par le Dr *L. Gautier*. Paris, Béranger. In-8°, 1206 p avec 757 fig. (8009)

Seguin (B.) et M. Fabre. — Notions élémentaires d'électricité industrielle. Paris et Nancy, Berger-Levrault et Cie. In-16, 196 p. avec 32 fig. 2 fr. 50. (9437)

6° *Exploitation des mines. — Gîtes minéraux.*

Berteaux. — Ressources minières de la Corée. Extrait d'un rapport adressé à M. le Ministre des Affaires étrangères. Paris, Dunod et Pinat. In-8°, 7 p. (Extr. des *Annales des Mines*.) (5533)

Colomer (F.). — Recherches minières. Guide pratique de prospection et de reconnaissance des gisements, à l'usage des in-

génieurs et des propriétaires de mines, suivi de notions abrégées sur l'emploi dans l'industrie des minéraux les plus usuels. 2e édition, augmentée d'un supplément. Paris, Dunod et Pinat. In-8°, VIII-310 p. avec 122 fig. 8 fr. 50. (8747)

DOMAGE. — Notice sur la construction d'une galerie souterraine destinée à relier la concession des mines de lignite de Gardanne à la mer ; 2e partie. Paris, Dunod et Pinat. In-8°, 20 p. et pl. (Extr. des *Annales des Mines*.) (7857)

DOUCHAN IOVANOVITCH. — Or et Cuivre de la Serbie orientale. Historique. Géologie. Minéralogie. Exploitation. Paris, Dunod et Pinat. In-4°, VIII-219 p. avec fig., grav. et carte. 10 fr. (7325)

HATON DE LA GOUPILLIÈRE. — Cours d'exploitation des mines. 3e édition, revue et considérablement augmentée par *J. Bès de Berc*, ingénieur au corps des mines. T. 2. Paris, Dunod et Pinat. Grand in-8°, XIX-1405 p. avec fig. (7894)

LEVAT (D.). — Notice géologique et minière sur le bassin cuprifère du Kouilou-Niari (Congo français). Paris, Dunod et Pinat. In-8°, 63 p. et pl. (Extr. des *Annales des Mines*.) (8860)

MERLE (A.). — Les Richesses minérales de Madagascar. Paris, Dunod et Pinat. In-8°, 54 p. avec fig. et planche. 3 fr. (10028)

NICOU (P.). — Les Calcaires asphaltiques du Gard. Paris, Dunod et Pinat. In-8°, 60 p. avec 16 fig. et pl. (Extr. des *Annales des Mines*.) (8896)

RATEAU (A.). — Ventilateurs centrifuges à haute pression. Paris, Dunod et Pinat. In-8°, 40 p. avec 7 fig. (10558)

ROBERTY (K.). — L'industrie extractive en Tunisie (Mines et Carrières). Publié sous les auspices de la Direction générale des Travaux publics de la Régence. Tunis, J. Orliac. In-8°, III-160 p., 1 carte. 4 fr.

UZUREAU. — Les Eaux minérales en Maine-et-Loire au début du XIXe siècle. Paris, Impr. nationale. In-8°, 8 p. (9685)

7° *Construction. — Chemins de fer.*

ARAGON (E.). — Résistance des matériaux appliquée aux constructions. Méthodes pratiques par le calcul et la statique graphique. T. 3 : Poutres de hauteur variable ; Bow-strings ; Poutres continues ; Ponts-grues ; Ponts mobiles ; Ponts tournants ; Ponts-levis, etc. Paris, Dunod et Pinat. Grand in-16, VIII-572 p. avec fig. 758 à 1009. 12 fr. (9848)

BELLET (H.). — Barrages en maçonnerie et Murs de réservoirs.

Grenoble, A. Gratier et J. Rey. Paris, H. Desforges. In-8°, XII-336 p. avec 109 fig. 8 fr.

DEBAUVE (A.). — Construction et Entretien des routes et chemins. 2e édition, complètement remaniée et considérablement augmentée. Paris, Dunod et Pinat. In-8°, 484 p. avec 187 fig. 18 fr. (5580)

GRIMSHAW (R.). — La Construction d'une locomotive moderne. Traduit sur la 2e édition allemande par *P. Poinsignon*, ingénieur E. C. L. Paris, Gauthier-Villars. In-8°, XIV-64 p. avec fig. 3 fr. 75. (8596)

GUÉDON (L.-P.). — Le Mécanicien de chemin de fer. 2e édition, entièrement refondue, mise à jour et considérablement augmentée. Paris, Dunod et Pinat. Petit in-8°, IX-513 p. avec 225 fig. 7 fr. 50. (9971)

Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1904. Documents divers. 2e partie : Intérêt local et tramways (France et Algérie). Paris, Ministère des Travaux publics. In-4°, 525 p. 5 fr. (10755)

8° *Législation. — Économie politique et sociale.*

CATTIN (H.). — Etat ou Compagnies. Etude sur l'exploitation des chemins de fer (thèse). Cognac, impr. Bérauld. In-8°, 98 p. (6674)

COLSON (C.). — Cours d'économie politique professé à l'École nationale des ponts et chaussées. Livre 1er : Théorie générale des phénomènes économiques (2e édition, revue et augmentée) ; livre 2e : le Travail et les Questions ouvrières ; livre 3e : la Propriété des biens corporels et incorporels ; livre 4e : les Entreprises, le Commerce et la Circulation ; livre 6e : les Travaux publics et les Transports. Paris, Gauthier-Villars ; F. Alcan. Livre 1er, 451 p. ; livre 2, 347 p. ; livre 3, 346 p. ; livre 4, 437 p. ; livre 6, 531 p. Le volume, 6 fr. (10618)

DUPUY DE QUÉRÉZIEUX (G.). — Les Redevances tréfoncières dans leurs rapports avec le droit civil (Etude spéciale au bassin de la Loire) (thèse). Paris, Pedone. In-8°, 132 p. (5595)

HENRY-GRÉARD (O.). — Note sur les réformes récentes de la législation fédérale des chemins de fer aux Etats-Unis. Paris, Dunod et Pinat. In-8°, 24 p. (Extr. des *Annales des Mines.*) (8819)

SÉNÉCHAL (L.). — Les Mines devant le fisc (thèse). Paris, Larose et Tenin. In-8°, 207 p. (9657)

TAYLOR (F.-W.). — Etudes sur l'organisation du travail dans les usines. Angers, impr. Burdin et Cie. In-4°, VI-414 p. avec fig. et portrait de l'auteur. 10 fr. (9669)

VALROGER (P. de). — De la responsabilité des accidents et dommages sur les lignes de tramways et chemins de fer sur route en exploitation. Paris, Larose et Tenin. In-18 jésus, 93 p. 2 fr. 25 (5700)

VARRET (J.). — Du prix de transport par chemins de fer (Etude économique et théorique) (thèse). Paris, Rousseau. In-8°, 180 p. (5702)

9° *Objets divers.*

Annuaire Marchal des chemins de fer et des tramways pour 1907; publication officielle. Paris, Dunod et Pinat. In-8°, 1392 p. 10 fr.

BISCHOF (C.). — Les Argiles réfractaires. Gisements; Composition; Examen; Traitement et emploi au point de vue des produits réfractaires en général. Traduction sur la 3e édition, par *O. Chemin*, ingénieur en chef des ponts et chaussées en retraite. Paris, Dunod et Pinat. In-8°, 608 p. avec 93 fig. 18 fr. (8073)

CHABOT (de). — Les Automobiles et leurs moteurs. Paris, Bernard. In-8°, II-339 p. avec 171 fig. 7 fr. 50. (8103)

CUQ (E.). — Un règlement administratif sur l'exploitation des mines au temps d'Hadrien. Paris, Larose et Tenin. In-8°, 48 p. (6191)

FROIS (M.) et P. RAZOUS. — Pratique de l'hygiène industrielle, à l'usage des industriels, des ingénieurs et des architectes d'usines, des conseils d'hygiène et des commissions sanitaires, des candidats aux emplois d'inspectrices, d'inspecteurs du travail et de contrôleurs du travail. 2e édition. Paris, Société d'éditions techniques. In-8°, 219 p. avec fig. 6 fr. (8161)

LAUNAY (L. de). — L'Or dans le monde (Géologie; Extraction; Economie politique). Paris, Colin. In-16, XXI-266 p. 3 fr. 50 (6598)

LÉVY-SALVADOR (P.). — L'Energie hydro-électrique; Sa production; Ses applications. Paris, Dunod et Pinat. In-4° à 2 col., 85 p. avec fig. 4 fr. 50. (9351)

MISPOULET (J.-B.). — Le Régime des mines à l'époque romaine et au moyen âge, d'après les tables d'Aljustrel. Paris, Larose et Tenin. In-8°, 47 p. (8484)

PARAT (A.). — La Métallurgie ancienne dans la vallée de Brosses, conférence faite à Brosses, le 18 mars 1906. Avallon, impr. Grand. In-8°, 18 p. (9139

PÉRISSÉ (L.). — Traité général des automobiles à pétrole. Paris, Gauthier-Villars. In-8°, 507 p. avec fig. (7965)

RAZOUS (P.). — Installation des ateliers et usines. Création, construction, agrandissement et améliorations techniques. 2e édition modifiée et très augmentée. Paris, Société d'éditions techniques. In-8°, II-336 p. avec 115 fig. 7 fr. 50. (8272)

REUSS (G.) et F. CORDIER. — Etude sur les résultats d'exploitation des principales installations hydro-électriques publiques ou privées de la Suisse. Paris, Impr. nationale. Grand in-8°, 158 p. avec fig. et planches. (10561)

TRUCHOT (P.). — Les Pyrites (Pyrites de fer; Pyrites de cuivre). Traité pratique contenant : la Minéralogie et la Géologie des pyrites; le Grillage des minerais pyriteux; l'Extraction et l'Utilisation du cuivre des pyrites et résidus de pyrite; l'Analyse des minerais pyriteux et de leurs produits; la Production et le Commerce des pyrites. Paris, Dunod et Pinat. In-8°, VIII-348 p. avec 77 fig. 9 fr. (9813)

OUVRAGES ANGLAIS.

1° *Mathématiques et Mécanique pures.*

LOVE (A.-E.-H.). — The Gravitational Stability of the Earth. In-4°. Dulau. 3 fr. 75.

UNWIN (W.-C.). — A Treatise on Hydraulics. In-8°, 340 p. Black. 15 fr. 65.

2° *Physique et Chimie.*

ARRHENIUS (S.). — Immunochemistry. In-8°. Macmillan. 8 fr. 75.

BRYAN (G.-H.). — Thermodynamics. An Introductory Treatise. In-8°. Nutt. 8 fr. 75.

CLARK (A.). — The Polarity of Matter. An Introduction to Physics.

Showing that Electricity, Magnetism, Chemical Affinity, Cohesion, and Gravitation have one Common Origin. In-8°, VII-134 p. Gall and Inglis. 4 fr. 40.

LEWIS (E.-I.). — Inorganic Chemistry. In-8°, XIII-408 p. Cambridge, Univ. Press. 6 fr. 25.

MANSELL (J.-H.). — Investigation of the Law of Burning of Modified Cordite. In-4°. Dulau. 1 fr. 90.

NERNST (W.). — Experimental and Theoretical Applications of Thermodynamics to Chemistry. With Diagrams. In-8°, 134 p. Constable. 6 fr. 25.

SEIDELL (A.). — Solubilities of Inorganic and Organic Substance. A Handbook of the most Reliable Quantitative Solubility Determinations. In-8°, 378 p. Lockwood. 15 fr. 65.

SMITH (A.). — A Laboratory. Outline of General Chemistry. 3rd ed., revised. In-8°, 146 p. Bell. 3 fr. 15.

SNELL (F.-C.). — The Distribution of Electrical Energy. Illust. In-8°, 378 p. Simpkin. 22 fr. 50.

STEWART (A.-W.). — Stereo-Chemistry. With 87 Illusts. In-8°, XX-584 p. Longmans. 13 fr. 15.

TAIT (P.-G.). — Properties of Matter. 5th ed. Edit. by W. *Peddie*. In-8°, 370 p. Black. 9 fr. 40.

WANKLYN (J.-A.). — Water Analysis. A Practical Treatise on the Examination of Potable Water. 11th ed. In-8°, 266 p. Paul, Trübner. 6 fr. 25.

WESTON (F.-E.). — A Scheme for the Detection of the more Common Classes of Carbon Compounds. New ed. In-8°. Longmans. 3 fr. 15.

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

Geological Commission of the Cape of Good Hope. — Geological Map of the Colony. Sheet 1; Sheet 46. W. Wesley. Chaque feuille, 3 fr. 15.

—— Eleventh Annual Report of the Geological Commission. 1906. Engravings and Maps. In-8°, 176 p. W. Wesley. 4 fr. 40.

—— Tenth Annual Report of the Geological Commission. Engravings and 5 Maps. In-8°, VI-290 p. W. Wesley. 4 fr. 40.

OSWALD (F.). — A Geological Map of Armenia and its Border Ranges. With Indications of Minerals and Mineral Springs. Drawn and Hand Coloured. Scale 16 miles to 1 inch. With Explanatory Notes, 16 p. Dulau. 26 fr. 25.

PASSMORE (A.-C.). — Sand and Clay; Their Analysis and Physical Properties. In-8°, 50 p. Technical Pub. Co. 2 fr. 50.

Report on the Natural History. (National Antarctic " Discovery " Expedition.) Vol. 1, Geology. In-4°, XII-160 p. avec 72 fig. dans le texte et 10 pl. Dulau. 37 fr. 50.

SALTER (M.). — A New System of Geology. With Archæological Proofs of the Destruction of the World by Water and Fire. With Charts and Illustrations. In-8°, 314 p. Simpkin. 12 fr. 50.

VREDENBURG (E.-W.) — A Summary of the Geology of India. In-8°. Thacker. 2 fr. 50.

4° *Mécanique appliquée et Machines.*

DUNCAN (J.). — Steam and Other Engines. In-8°, 482 p. Macmillan. 6 fr. 25.

DUNKERLEY (S.). — Hydraulics. Vol. 1. Hydraulic Machinery. With numerous Diagrams. In-8°, 352 p. Longmans. 13 fr. 15.

MARKS (E.-C.-R.). — Notes on the Construction and Working of Pumps. 2nd and enlarged ed. In-8°, 368 p. Tech. Pub. Co. 5 fr. 65.

SANKEY (H.-R.). — The Energy Chart. Practical Applications to Reciprocating Steam-Engines. In-8°, 178 p. Spon. 13 fr. 15.

SHARP (A.). — Balancing of Engines; Steam, Gas and Petrol. An Elementary Text-Book using principally Graphical Methods. With numerous Tables and Diagrams. In-8°. 224 p. Longmans. 7 fr. 50.

STRICKLAND (F.). — A Manual of Petrol Motors and Motor Cars. Illust. In-8°, 386 p. C. Griffin. 22 fr. 50.

TOMPKINS (A.-E.). — Turbines. In-12, 208 p. S. P. C. K. 4 fr. 40.

5° *Applications industrielles de la physique et de la chimie. — Métallurgie.*

BROWN (W.-L.). — Manual of Assaying Gold, Silver, etc. 12th. ed. In-12. Spon. 13 fr. 15.

FRANKLIN (W.-S.) and ESTY (W.). — The Elements of Electrical Engineering. Vol. 2. In-8°. Macmillan. 18 fr. 75.

GREENWOOD (W.-H.). — Iron : Its Sources, Properties, and Manufacture. With numerous Engravings and Diagrams. Revised and partly re-written by *A. Humboldt Sexton*. In-8°, 264 p. Cassell. 3 fr. 75.

GREENWOOD (W.-H.). — Steel : Its Varieties, Properties and Manufacturers. Revised and re-written by *A. Humboldt Sexton*. In-8°, 254 p. Cassell. 3 fr. 75.

—— Iron and Steel. Revised and re-written by *A. Humboldt Sexton*. In-8°, 254 p. Cassell. 6 fr. 25.

HARBORD (F.-W.). — The Metallurgy of Steel. 3rd ed. Revised. In-8°, 794 p. Griffin. 31 fr. 25.

KERSHAW (J.-B.-C.). — The Electric Furnace in Iron and Steel Production. With 24 Illusts. and a List of Patents. In-8°, 74 p. Electrician. 4 fr. 10.

Methods of Testing Metals and Alloys. In-8°. Spon. 1 fr. 25.

PARR (G.-D.-A.). — Electrical Engineering Testing. 3rd ed., revised and enlarged. In-8°, 562 p. Chapman and Hall. 11 fr. 25.

POOLE (C.-P.). — Diagrams of Electrical Connections. In-8°. Spon. 10 fr. 65.

RAYMOND (E.-B.). — Alternating Current Engineering. 3rd ed. In-8°. K. Paul. 15 fr.

Report on British Standards for Electrical Machinery. (Engineering Standards' Committee, Report N° 36.) In-fol. Lockwood. 1 fr. 25.

RICHARDS (J.-W.). — Metallurgical Calculations. Part 2. Iron and Steel. In-8°. Spon. 10 fr. 65.

ROYLE (H.-M.). — The Chemistry of Gas Manufacture. In-8°, 344 p. Lockwood. 15 fr. 65.

SEWELL (T.). — The Elements of Electrical Engineering. 4th ed., revised and enlarged. In-8°, 466 p. Lockwood. 6 fr. 90.

THOMALEN (A.). — A Text-Book of Electrical Engineering. Translated by *G.-W.-O. Howe*. In-8°, 464 p. E. Arnold. 18 fr. 75.

6° *Exploitation des mines. — Gîtes minéraux.*

BURNS (D.) and KERR (G.-M.). — Coal Mining. Part I. In-8°. Whittaker. 2 fr. 50.

CLARK (D.). — Australian Mining and Metallurgy. In-8°. Pitman. 26 fr. 25.

CORDER (G.-A.). — The Miner's Geology and Prospector's Guide. In-8°, 250 p. Spon. 6 fr. 25.

LONGRIDGE (C.-C.). — Gold Dredging. 2nd ed., enlarged. In-8°. Mining Journal. 25 fr.

MEYERSTEIN (E.-W.). — A Key to Cornish Mining. In-8°, VIII-167 p. The Mining Journal. 6 fr. 25.

Parliamentary. — Mines. Royal Commission on. 1st Report. 1 fr. 60.

—— Explosion of Fire Damp and Coal Dust at Genwen Colliery, Carmarthen, March 5, 1907. Report on. 0 fr. 95.

—— Mines and Quarries. General Report and Statistics for 1905. Part 4, Colonial and Foreign. 2 fr. 20.

—— —— General Report and Statistics for 1906. Part 3. Output. 1 fr. 80.

Practical Coal-Mining. By Leading Experts in Mining and Engineering. Under the Editorship of W.-S. *Boulton.* Div.-Vol. 2. In-8°. — Div.-Vol. 3. Illust. In-4°, VII-192 p. Gresham Publishing Co.

Tonge (J.). — Coal. In-8°, VII-275 p. A. Constable. 7 fr. 50.

7° *Construction. — Chemins de fer.*

Agnew (W.-A.). — The Electric Tramcar. Handbook for Motormen, Inspectors, and Dépôt Workers. 4th ed. revised and enlarged. In-8°, 130 p. Alabaster. 3 fr. 15.

Allen (C.-F.). — Railroad Curves and Earthwork. 4th ed. In-12. Spon. 10 fr. 65.

Herrick (A.-B.) and Boynton (E.-C.). — American Electric Railway Practice. In-8°. Spon. 15 fr. 65.

Macpherson (L.-G.). — The Working of the Railroad. In-8°. G. Bell. 7 fr. 50.

Parliamentary. — Railway Accidents. General Report for 1906. 0 fr. 75.

—— —— Returns and Reports of Inspectors on Accidents and Casualties reported to the Board of Trade during January to March, 1907. 1 fr. 80.

—— —— Reports and Returns for April-June, 1907. 1 fr. 25.

Sayers (H.-M.). — Brakes for Tramway Cars. In-8°, 82 p. Electrician. 4 fr. 40.

Wilson (A.) and Lyall (F.). — Electrical Traction. 2 Vols. in-8°. 484-336 p. E. Arnold. Chaque vol., 18 fr. 75.

8° *Législation. — Economie politique et sociale.*

Parliamentary. — Mines. Eight Hours Day for Miners. Final Report of Departmental Committee. Part 2. Evidence and Appendices, 12th to 27th Days, with Index to the whole of the Evidence. 5 fr. 75.

9° *Objets divers.*

British Standard Specification for Consumers, Electric Supply Meters, Motor Type for Continuous and Single Phase Circuits. (Engineering Standards' Committee, Report N° 37.) In-fol. Lockwood. 3 fr. 15.

British Standard Specification for Copper Alloy Bars for use in Automatic Machines. (Engineering Standards' Committee Report N° 35.) In-fol. C. Lockwood and Son. 3 fr. 15.

British Standard Specification for Ingot Steel Forgings for Marine Purposes. (Engineering Standards' Committee Report N° 29.) In-fol. Lockwood. 3 fr. 15.

British Standard Specification for Steel Bars for use in Automatic Machines. (Engineering Standards' Committee Report N° 32.) In-fol. Lockwood. 3 fr. 15.

Continued Reports on British Standard Screw Threads. (Engineering Standards' Committee Report N° 38.) In-fol. Crosby Lockwood and Son. 4 fr. 40.

HAY (A.). — An Introductory Course of Continuous Current Engineering. In-8°, 340 p. Constable. 6 fr. 25.

LEWES (V.-B.). — Liquid and Gaseous Fuels, and the Part they Play in modern Power Production. In-8°, 350 p. Constable. 7 fr. 50.

RANKINE (W.-J.-M.). — A Manual of Civil Engineering. 23rd ed. Thoroughly revised by *W.-J. Millar*. In-8°, 838 p. C. Griffin. 20 fr.

Report on British Standard Systems for Limit Gauges for Screw Threads. (Engineering Standards' Committee Report N° 38.) In-fol. Crosby Lockwood and Son. 1 fr. 25.

OUVRAGES AMÉRICAINS.

FULTON (F.-H.). — A Manual of fire assaying. In-8°, XII-178 p., 44 fig. New-York, Hill publishing Co. 10 fr.

MC ADIE (A.-G.). — Catalogue of Earthquakes on the Pacific Coast, 1897-1906. (*Smithsonian Miscellaneous Collections.*) In-8°, 64 p. W. Wesley. 1 fr. 90.

The Copper Handbook. Vol. VI. In-8°, 1116 p. Houghton, Mich., H.-J. Stevens. 25 fr.

The mineral Industry, its Statistics, Technology and Trade. Vol. XV, 1906. In-8°, XXIV-954 p. New-York, Hill publishing Co.

United States Geological Survey. — Geology of the Marysville Mining District, Montana. A Study of Igneous Intrusion and Contact Metamorphism by *J. Barrell.* In-fol., 178 p. Washington, Government Printing Office.

—— Report on Progress of Investigations of Mineral Resources of Alaska in 1906, by *H. Brooks* and Others. — The Juneau Gold Belt, Alaska, by *C. Spencer*, and A Reconnaissance of Admiralty Island, Alaska, by *C. Will Wright.* — The Interaction between Minerals and Water Solutions, with special reference to Geologic Phenomena, by *C. Sullivan.* — A Geologic Reconnaissance in South Western Nevada and Eastern California, by *S.-H. Ball.* — Economic Geology of the Amity Quadrangle, Eastern Washington, County Pennsylvania, by *F.-G. Clapp.* — Economic Geology of the Independence Quadrangle, Kansas, by *F.-C. Schrader* and *E. Haworth.* — Zinc and Lead Deposits of the Upper Mississippi Valley, by *H. Foster Bain.* — Underground Waters of Coastal Plain of Texas, by *T.-U. Taylor.* — The Geology and Water Resources of the Western Portion of the Panhandle of Texas, by *C.-N. Gould.* — The Potomac River Basin, by *N. Parker, Bailey Willis, R.-H. Bolster, W.-W. Ashe* and *M.-C. Marsh.* In-8°. Washington, Government Printing Office.

WEED (W.-H.). — The Copper Mines of the World. In-8°, XIV-375 p. av. 159 fig. New-York, Hill publishing Co. 20 fr.

OUVRAGES ALLEMANDS.

1° *Mathématiques et Mécanique pures.*

BACHMANN (P.). — Grundlehren der neueren Zahlentheorie. (*Sammlung Schubert.*) In-8°, XI-271 p. av. 10 fig. Leipzig, G.-J. Göschen. 8 fr. 15.

BOHLIN (K.). — Über integrierende Faktoren e. Systemes v. Diffe-

rentialgleichungen. (Extr. des *Arkiv f. matematik, astronomi och fysik.*) In-8°, 47 p. Upsal. 1 fr. 90.

Bruno (K.). — Die Grundlehren der Integral- u. Differentialrechnung. In-8°, 51 p. av. fig. Vienne, A. Hölder. 1 fr. 60.

Burmester (L.). — Kinetographische Verwandtschaft ebener Systeme u. räumlicher Systeme. (Extr. des *Sitzungsber. d. bayer. Akad. d. Wiss.*) In-8°, 32 p. av. 5 fig. Münich, G. Franz. 0 fr. 50.

Carda (K.). — Beitrag zur Theorie des Pfaff'schen Problems. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss.*) In-8°, 13 p. Vienne, A. Hölder. 0 fr. 65.

Daublebsky v. Sterneck (R.). — Über die Anzahl inkongruenter Werte, die e. ganze Funktion dritten Grades annimmt. (Extr. du même recueil.) In-8°. 10 p. Vienne, A. Hölder. 0 fr. 45.

Dintzl (E.). — Über die Legendre'schen Symbole f. quadratische Reste in e. imaginären quadratischen Zahlkörper m. der Klassenanzahl 1. (Extr. du même recueil.) In-8°, 16 p. Vienne, A. Hölder. 0 fr. 50.

Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften m. Einschluss ihrer Anwendungen. Hrsg. im Auftrage der Akademien der Wissenschaften zu Göttingen, Leipzig, München u. Wien, sowie unter Mitwirkg. zahlreicher Fachgenossen. III. Bd. : Geometrie. Red. v. *W.-F. Meyer*. 1. Tl. I. Heft. In-8°, 220 p. av. fig. Leipzig. B.-G. Teubner. 8 fr.

—— V. Bd. Physik. Red. v. *A. Sommerfeld*. 1. Tl. IV. Heft. In-8°, p. 493-613. Leipzig, B.-G. Teubner. 4 fr. 50.

Encyclopédie des sciences mathématiques pures et appliquées. Publiée sous les auspices des académies des sciences de Göttingue, de Leipzig, de Munich et de Vienne, avec la collaboration de nombreux savants. Ed. française. Rédigée et publiée d'après l'édition allemande sous la direction du Prof. *J. Molk*. Tome I (1 vol. . Arithmétique. Fasc. 2. In-8°. p. 161-328. Leipzig, B.-G. Teubner. 5 fr. 25.

Falk (M.). — Ueber die Haupteigenschaften derjenigen analytischen Functionen e. Arguments, welche Additionstheoreme besitzen. (*Nova acta reg. Soc. scient. Upsal.*) In-8°, 78 p. Upsal. 6 fr. 25.

Gidaly (R.). — 3 Konstruktionen der Fläche 2. Ordnung aus 9 gegebenen Punkten. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss.*) In-8°. 7 p. av. 4 fig. Vienne, A. Hölder. 0 fr. 60.

Hahn (H.). — Über die nichtarchimedischen Grössensysteme. (Extr. du même recueil.) In-8°. 55 p. Vienne, A. Hölder. 1 fr. 70.

Hockvar (F.). — Über die Bestimmung der quadratischen Teiler

algebraischer Formen. (Extr. du même recueil.) In-8°, 13 p. Vienne, A. Hölder. 0 fr. 65.

Koenigsberger (L.). — Der Green'sche Satz f. erweiterte Potentiale. (Extr. des *Sitzungsber. d. preuss. Akad. d. Wiss.*) In-8°, 13 p. Berlin, G. Reimer. 0 fr. 65.

Kohlrausch (F.-L.). — Einführung in die Differential- u. Integralrechnung nebst Differentialgleichungen. In-8°, VII-191 p. av. 100 fig. Berlin, J. Springer. 7 fr. 50.

Landau (E.). — Über e. Konvergenzsatz des Herrn Phragmen. (Extr. des *Arkiv f. matematik, astronomi och fysik.*) In-8°, 10 p. Upsal. 1 fr.

Meyer (W.-F.). — Zur algebraischen Behandlung e. v. Staudtschen Fundamentalsatzes der Geometrie der Lage. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss.*) In-8°, 32 p. Vienne, A. Hölder. 1 fr. 15.

—— Zur Theorie der Drehungen u. Quaternionen. (Extr. du même recueil.) In-8°, 16 p. Vienne, A. Hölder. 0 fr. 65.

Möller (M.). — Zur Theorie der Bewegungsvorgänge. (Extr. de *Die Turbine.*) 1. Lfg. In-8°, VII-86 p. av. 21 fig. Leipzig, S. Hirzel. 2 fr. 50.

Nernst (W.) u. A. Schönflies. — Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften. Kurzgefasstes Lehrbuch der Differential- u. Integralrechng. m. besond. Berücksicht. der Chemie. 5. Aufl. In-8°, XII-371 p. av. 69 fig. Münich, R. Oldenbourg. 13 fr. 75.

Osken (C.-W.). — Eine Bemerkung üb. die analytische Fortsetzung v. Funktionen mehrerer Veränderlichen. (Extr. des *Arkiv f. matematik, astronomi och fysik.*) In-8°, 3 p. Upsal. 0 fr. 50.

Planck (M.). — Zur Dynamik bewegter Systeme. (Extr. des *Sitzungsber. d. preuss. Akad. d. Wiss.*) In-8°, 29 p. Berlin, G. Reimer. 1 fr. 25.

Thalreiter (F.). — Flächen e. dreifach unendlichen linearen Systems, welche m. e. gegebenen algebraischen Raumkurve e. Berührung 3. Ordnung eingehen. (Extr. des *Sitzungsber. d. b. Akad. d. Wiss.*) In-8°, p. 211-231. Münich, G. Franz. 0 fr. 75.

Weiss (E.). — Über die Berechnung e. Ellipse aus Zwei Radien u. dem eingeschlossenen Winkel. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss.* In-8°, 22 p. Vienne, A. Hölder. 0 fr. 90.

2° *Physique et Chimie.*

Abraham (M.). — Theorie der Elektrizität. 1. Bd. Einführung in die Maxwellsche Theorie der Elektrizität. Mit e. einleit. Abschnitte üb. das Rechnen m. Vektorgrössen in der Physik. Von *A. Föppl.* 3., vollständig umgearb. Aufl., hrsg. v. *M. Abraham.* In-8°, xviii-460 p. avec 11 fig. Leipzig, B.-G. Teubner. 18 fr. 75.

Autenrieth (W.). — Quantitative chemische Analyse. Massanalyse, Gewichtsanalyse, u. Untersuchgn. aus dem Gebiete der angewandten Chemie. Zum Gebrauche in chem. Laboratorien. 2., völlig umgearb. Aufl. In-8°, xvi-380 p. av. 32 fig. Tübingen, J.-C.-B. Mohr. 10 fr. 50.

Bahr (E. v.). — Die Absorption der Strahlen v. Wärmequellen verschiedener Temperatur durch Ozon. (Extr. des *Arkiv f. matematik, astronomi och fysik.*) In-8°, 10 p. av. 4 fig. Upsal. 1 fr.

Cermak (P.). — Der Peltiereffekt Eisen-Konstantan zwischen 0 u. 560° C. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss.*) In-8°, 12 p. av. 2 fig. Vienne, A. Hölder. 0 fr. 60.

—— Der Peltier-Effekt Nickel-Kupfer zwischen 20 u. 450° C. (Extr. du même recueil.) In-8°, 3 p. avec 1 fig. Vienne, A. Hölder. 0 fr. 35.

Ehrenhaft (F.). — Über e. der Brown'schen Molekularbewegung in den Flüssigkeiten gleichartige Molekularbewegung in den Gasen u. deren molekularkinetischen Erklärungsversuch. (Extr. du même recueil.) In-8°, 11 p. Vienne, A. Hölder. 0 fr. 50.

Ekman (V.-W.). — Über die Schwingungen zweier benachbarten elektrischen Dipole. (Extr. des *Arkiv f. matematik, astronomi och fysik.*) In-8°, 32 p. av. 3 fig. Upsal. 1 fr. 25.

Exner (F.) u. E. Haschek. — Über die Verschiebung der Spektrallinien. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss.*) In-8°, 19 p. Vienne, A. Hölder. 0 fr. 75.

Girtler (R.). — Über das Potential der Spannungskräfte in elastischen Körpern als Mass der Bruchgefahr. (Extr. du même recueil.) In-8°, 47 p. av. 2 fig. et 2 pl. Vienne, A. Hölder. 3 fr.

—— Zur Rotation v. Gasmolekülen. (Extr. du même recueil.) In-8°, 12 p. Vienne, A. Hölder. 0 fr. 50.

Handbuch der anorganischen Chemie. (In 4 Bdn.) Hrsg. v. *R. Abegg.* III. Bd. 3. Abtlg. Die Elemente der 5. Gruppe des period. Systems. In-8°, xiv-876 p. av. 23 fig. Leipzig, S. Hirzel. 32 fr. 50.

HESS (V.-F.). — Über das Uran X u. die Absorption seiner α-Stra-lung. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss.*) In-8°. 20 av. 8 fig. Vienne, A. Hölder. 1 fr.

HOFBAUER (G.). — Über das Vorkommen der seltenen Erden a der Sonne. (Extr. du même recueil.) In-8°, 47 p. Vienn A. Hölder. 1 fr. 65.

JAUMANN (G.). — Strahlungen in starken elektromagnetisch Feldern. (Extr. du même recueil.) In-8°, 120 p. Vienn A. Hölder. 3 fr. 90.

JOFFÉ (A.). — Eine Bemerkung zu der Arbeit v. E. Ladenbur « Über Anfangsgeschwindigkeit u. Menge der photoelektrisch Elektronen, etc. » (Extr. des *Sitzungsber. d. bayer. Akad. Wiss.*) In-8°, p. 279-280 av. 1 pl. Münich, G. Franz. 0 fr. 25.

KOCH (P.-P.). — Über die Abhängigkeit des Verhältnisses d spezifischen Wärmen $\frac{C_p}{C_v} = k$ in trockener, kohlensäurefrei atmosphärischer Luft v. Druck u. Temperatur. (Extr. d *Abhandlgn. d. bayer. Akad. d. Wiss.*) In-8°. p. 379-435 av. 4 p Münich, G. Franz. 2 fr. 25.

LAMPA (A.). — Über e. einfache Anordnung zur Herstellung elektrostatischen Drehfeldes. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Aka d. Wiss.*) In-8°, 8 p. av. 2 fig. Vienne, A. Hölder. 0 fr. 45.

LANDAUER (J.). — Die Lötrohranalyse. Anleitung zu qualitative chem. Untersuchgn. auf trockenem Wege. 3., verb. u. verm Aufl. In-8°, VII-183 p. av. 30 fig. Berlin, J. Springer. 7 fr. 50.

LANG (V. v.). — Versuche im elektrostatischen Wechselfeld (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss.*) In-8°, 12 p. a 1 pl. Vienne, A. Hölder. 0 fr. 65.

LEHMANN (O.). — Die wichtigsten Begriffe u. Gesetze de Physik unter alleiniger Anwendung der gesetzlichen u. d damit zusammenhängenden Masseinheiten. In-8°, 58 p. Berli J. Springer. 1 fr. 25.

LIESEGANG (R.-E.). — Über die Schichtungen bei Diffusione Eine Voruntersuchg. In-8°. 56 p. av. 22 fig. et 2 pl. Düsseldor 2 fr.

LINDEMANN (F.). — Zur Elektronentheorie. (Extr. des *Sitzungsbe d. bayer. Akad. d. Wiss.*) In-8°. p. 177-209 av. fig. Münic G. Franz. 0 fr. 65.

—— Ueber die Bewegung der Electronen. II. Tl. : Stationär Bewegg. (Extr. du même recueil.) In-8°. p. 337-375 av. fi Münich, G. Franz. 2 fr. 50.

LISSNER (J.). — Über Arbeitsumsetzung unter Vermittlung de

Fernwirkung (Induktion) m. besond. Berücksicht. der Elektromotoren, etc. In-8°. III-76 p. Vienne, Spielhagen und Schurich. 2 fr. 50.

LORENTZ (H.-A.). — Abhandlungen üb. theoretische Physik. I. Bd. In-8°, IV-489 p. Leipzig, B.-G. Teubner. 21 fr. 25.

LÜPKE (R.). — Grundzüge der Elektrochemie auf experimenteller Basis. 5., neu bearb. Aufl. v. *E. Bose*. In-8°, XII-271 p. av. 80 fig. et 24 tabl. Berlin, J. Springer. 7 fr. 50.

MACHE (H.). — Grundzüge zu e. Theorie der Explosionen. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss.*) In-8°. 24 p. av. 6 fig. Vienne, A. Hölder. 1 fr. 10.

MACHE (H.) u. J. TAGGER. — Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wärmeleitungskonstante v. Flüssigkeiten. (I. Mitteilg.) (Extr. du même recueil.) In-8°, 6 p. av. 1 fig. Vienne, A. Hölder. 0 fr. 45.

MAMLOCK (L.). — Stereochemie, die Lehre v. der räumlichen Anordnung der Atome im Molekül. In-8°, VI-152 p. av. 58 fig. Leipzig, B.-G. Teubner. 6 fr. 25.

MARC (R.). — Die physikalisch-chemischen Eigenschaften des metallischen Selens. In-8°, 76 p. av. 17 fig. et 3 pl. Hamburg, L. Voss. 5 fr.

—— Die Entwickelung unserer Kenntnis der « Seltenen Erden » u. ihre Bedeutung. In-8°, 11 p. Leipzig, G. Fock. 0 fr. 75.

MEYER (S.) u. E. Ritter v. SCHWEIDLER. — Untersuchungen üb. radioaktive Substanzen. (VIII. u. X. Mitteilg.) Über e. radioaktives Produkt aus dem Aktinium. Über die Zerfallskonstante v. Radium D. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss.*) In-8°, 8 p. av. 2 fig. et 13 p. Vienne, A. Hölder. 0 fr. 50 ; 0 fr. 60.

MEYER (V.) u. P. JACOBSON. — Lehrbuch der organischen Chemie. 2. Aufl. Hrsg. v. *P. Jacobson*. I. Bd. Allgemeiner Tl. — Verbindungen der Fettreihe. Neu bearb. v. *P. Jacobson* u. *R. Stelzner*. I. Tl. Allgemeiner Tl. — Die aliphat. Kohlenwasserstoffe u. ihre einwert. Abkömmlinge. II. Abtlg. In-8°, XVI p. et p. 449-1060 av. fig. Leipzig, Veit u. Co. 21 fr. 50.

MOLISCH (H.). — Über die Sichtbarmachung der Bewegung mikroskopisch kleinster Teilchen f. das freie Auge. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss.*) In-8°, 7 p. Vienne, A. Hölder. 0 fr. 40.

NERNST (W.). — Theoretische Chemie vom Standpunkte der Avogadroschen Regel u. der Thermodynamik. 5. Aufl. 2. Hälfte. In-8°, XVI p. et p. 431-784 av. 17 fig. Stuttgart, F. Enke. 10 fr. 75.

Oppenheimer (C.). — Grundriss der organischen Chemie. 5. In-8°, vii-131 p. Leipzig, G. Thieme. 3 fr.

Oseen (C.-W.). — Zur Theorie der unstetigen Bewegunge Elektrons. (Extr. des *Arkiv f. matematik, astronomi och fy* In-8°, 27 p. Upsal. 1 fr. 25.

—— Zur Theorie der bewegung e. reibenden Flüssigkeit. (E du même recueil.) In-8°, 22 p. Upsal. 1 fr. 25.

Ostwald (W.). — Prinzipien der Chemie. Eine Einleitg. in chem. Lehrbücher. In-8°, xv-540 p. Leipzig, Akadem. Verl gesellschaft. 10 fr.

Palmaer (W.). — Über das absolute Potential der Kalomele trode. (Extr. des *Arkiv f. kemi, mineralogi och geologi.*) In 78 p. av. 9 fig. Upsal. 2 fr. 50.

Pictet (R.). — Die Entwickelung der Theorien u. der Verfahru weisen bei der Herstellung der flüssigen Luft. In-8°, iii-13 Weimar, C. Steinert. 2 fr. 25.

Plattner's (C.-F.) Probierkunst m. dem Lötrohre. Eine vollstä Anleitg. zu qualitativen u. quantitativen Lötrohr-Untersuch 7. Aufl. In-8°, xvi-515 p. av. 72 fig. Leipzig, J.-A. Barth. 13 fr.

Pleissner (M.). — Über die Löslichkeit einiger Bleiverbindung (Extr. des *Arbeiten a. d. kais. Gesundheitsamte.*) In-8°, 63 p. fig. Berlin, J. Springer. 3 fr. 75.

Przibram (K.). — Büschel- u. oszillierende Spitzenentladung Helium, Argon u. anderen Gasen. Extr. des *Sitzungsber. k. Akad. d. Wiss.* In-8°, 14 p. av. 5 fig. Vienne, A. Hölk 0 fr. 65.

Righi (A.). — Die Bewegung der Ionen bei der elektrisc Entladung. Deutsch v. *M. Iklé.* In-8°, 70 p. av. 12 fig. et 3 Leipzig, J.-A. Barth. 2 fr. 50.

Roloff (M.). — Grundriss der physikalischen Chemie. In- viii-234 p. av. 13 fig. Leipzig, G. Thieme. 6 fr. 25.

Rziha (K.). — Änderung des Peltiereffektes Ni-Cu zwischen 2(800° C. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss.*) In-8°, 8 av. 3 fig. Vienne, A. Holder. 0 fr. 45.

Schweidler (E. Ritter v.). — Studien üb. die Anomalien im V halten der Dielektrika. (Extr. du même recueil.) In-8°, 62 av. 6 fig. et 7 pl. Vienne, A. Hölder. 3 fr. 20.

Sommerfeld (A.). — Über die Bewegung der Elektronen. (Extr. *Sitzungsber. d. bayer. Akad. d. Wiss.* In-8°, p. 155-171. Müni G. Franz. 0 fr. 50.

Stille (C.). — Die neuen Vielfachumschalter nach dem Zentr Batterie-System. In-8°, 55 p. av. fig. Liegnitz, H. Krumbhaar. 1

STURZEN-BECKER (S.). — Die Gasentladung u. ihre Abhängigkeit v. der Temperatur. (Extr. des *Archiv for mathematik og naturvidenskab.*) In-8°, 69 p. av. fig. Christiania, A. Cammermeyer. 4 fr. 50.

SVEDBERG (T.). — Über die Bedeutung der Eigenbewegung der Teilchen in kolloidalen Lösungen f. die Beurteilung der Gültigkeitsgrenzen des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik. (Extr. des *Arkiv f. kemi, mineralogi och geologi.*) In-8°, 10 p. av. 2 fig. Upsal. 1 fr.

—— Quantitative Untersuchungen üb. die elektrische Kolloidsynthese. (Extr. du même recueil.) In-8°, 51 p. av. 30 fig. Upsal. 2 fr.

SZYDLOWSKI (L.). — Über die Kältemischung aus kristallisiertem Natriumsulfat u. konzentrierter Salzsäure. (Extr. des *Sitzungsber, d. k. Akad. d. Wiss.*) In-8°, 37 p. av. 3 fig. Vienne, A. Hölder. 1 fr. 50.

VOSS (R. v.). — Die Messung elektrischer Widerstände. (Extr. du *Taschenb. f. Präzisionsmechaniker.*) In-8°, 114 p. av. fig. Berlin, Administration der Fachzeitschrift « Der Mechaniker » 1 fr. 90.

WAGNER (R.). — Über die Bestimmung des linearen Ausdehnungskoeffizienten u. dessen Abhängigkeit v. der Spannung aus den Temperaturänderungen bei der Dehnung v. Hartgummistäben. (Extr. du même recueil.) In-8°, 19 p. av. 1 fig. Vienne, A. Hölder. 0 fr. 80.

—— Über die Erwärmung beim Dehnen e Jodsilberstabes. In-8°, 6 p. Vienne, A. Hölder. 0 fr. 40.

WAGNER (R.). — Die Schallenergie des elektrischen Funkens. (Extr. du même recueil.) In-8°, 6 p. Vienne, A. Hölder. 0 fr. 40.

WÜLLNER (A.). — Lehrbuch der Experimentalphysik. 6. Aufl. 1. Bd. Allgemeine Physik u. Akustik. Bearb. u. *A. Wüllner* u. *A. Hagenbach.* In-8°, XIV-1058 p. av. 333 fig. Leipzig, B.-G. Teubner. 20 fr.

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

ABLDT (T.). — Die Entwicklung der Kontinente u. ihrer Lebewelt. Ein Beitrag zur vergleich. Erdgeschichte. In-8°, XIX-730 p. av. 17 fig. et 23 cartes. Leipzig, W. Engelmann. 25 fr.

BARRANDE (J.). — Système silurien du centre de la Bohême. 1re partie : Recherches paléontologiques. Continuation éditée par le Musée Bohême. Vol. IV. In-4°. Gastéropodes, Tome II, par *J. Perner.* Texte : XI-380 p. avec 153 fig. dans le texte et planches 90-175. Rédigé en français par *A.-S. Oudin.* Prague. 150 fr.

BEYSCHLAG (F.). — Geologische Übersichtskarte der Gegend v.

Halle a/Saale. Die **Mansfelder Mulde u. ihre Ränder. Auf Grund der Aufnahme der kgl. geolog. Landesanstalt bearb. 2. Aufl.** Berlin, Kgl. preuss. geolog. Landesanstalt. 3 fr. 75.

Bruder (G.). — **Geologische Übersichts-Karte der Gegend um Aussig, gearb. nach den Karten der k. k geolog. Reichsanstalt u. des Dr. *J.-E. Hibsch.* 1 : 75.000.** Teplitz-Schönau, A. Becker. 1 fr. 25.

Bücking (H.). — **Über die Phonolithe der Rhön u. ihre Beziehungen zu den basaltischen Gesteinen.** (Extr. des *Sitzungsber. d. preuss. Akad. d. Wiss.*) In-8°, 31 p. av. fig. Berlin, G. Reimer. 1 fr. 25.

Cornu (F.) u. A. Himmelbauer. — **Untersuchungen am Apophyllit u. den Mineralen der Glimmerzeolithgruppe.** (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss.*) In-8°, 29 p. av. 2 fig. Vienne. 1 fr. 20.

Diener (K.). — **Die Faunen der tibetanischen Klippen v. Malla Johar (Zentral-Himalaya).** (Extr. du même recueil.) In-8°. 12 p. Vienne, A. Hölder. 0 fr. 50.

Ebeling (F.). — **Die Geologie der Waldenburger Steinkohlen-Mulde. Bearb. im Anschluss an die neue v. *Ullrich* entworfene Waldenburger Flözkarte i. M. 1 : 10.000.** Hrsg. v. der niederschles. Steinkohlen-Bergbau-Hilfs-Kasse. In-8°, XII-231 p. Waldenburg, K. Drobnig. 9 fr. 40.

Ergebnisse, wissenschaftliche, der schwedischen Expedition nach den Magellansländern 1895-1897 unter Leitung v. O. Nordenskjöld. I. Bd. Geologie, Geographie u. Anthropologie. 3. Heft. (Schluss.) In-8°, III p. et p. 249-257. Stockholm. 1 fr. 90.

Everding (H.). — **Zur Geologie der deutschen Zechsteinsalze.** Leitung : F. Beyschlag. (Extr. de *Deutschlands Kalibergbau.*) In-8°, VI-183 p. av. 11 pl. et 5 cartes. Berlin, Kgl. preuss. geolog. Landesanstalt. 15 fr.

Firtsch (A.). — **Miscellanea palaeontologica. I. Palaeozoica.** In-4°, 23 p. av. 4 fig. et 12 pl. Prague, F. Rivnác. 20 fr.

Fuchs (C.-W.-C.). — **Anleitung zum Bestimmen der Mineralien. 5. Aufl.** Neu bearb. v. *R. Brauns.* In-8°, IV-220 p. av. 28 fig. Giessen, A. Töpelmann. 5 fr. 65.

Gorjanovic-Kramberger (K.). — **Die geotektonischen Verhältnisse des Agramer Gebirges u. die m. demselben im Zusammenhang stehenden Erscheinungen.** (Extr. des *Abhdlgn. d. preuss. Akad. d. Wiss.*) In-8°, 30 p. av. 2 pl. Berlin, G. Reimer. 3 fr. 15.

Halle (T.-G.). — **Einige krautartige Lycopodiaceen paläozoischen**

u. mesozoischen Alters. (Extr. des *Arkiv f. botanik.*) In-8°, 17 p. av. 3 pl. Upsal. 2 fr.

Handlirsch (A.). — Die fossilen Insekten u. d. Phylogenie d. recenten Formen. 6. u. 7. Lfg. Leipzig, W. Engelmann. Chaque livraison 10 fr.

Hess v. Wichdorff (H.). — Über einige in Raseneisenerz umgewandelte fossile Hirschgeweihe aus e. Raseneisensteinlager der Prov. Posen. (Extr. du *Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst.*) In-8°, p. 544-548 av. 1 pl. Berlin, Kgl. preuss. geolog. Landesanstalt. 0 fr. 90.

—— Aus dem thüringer Schiefergebirge (Frankenwald). I. Ein deutsches Pickeringit-Vorkommen. (Extr. du même recueil.) In-8°, p. 529-536 av. 1 pl. Berlin, Kgl. preuss. geolog. Landesanstalt. 1 fr.

—— Über das Vorkommen v. Alunit-ähnlichen Kaolinitknollen im Oberoligocän v. Leipzig. (Extr. du même recueil.) In-8°, p. 537-543 av. 5 fig. et 1 pl. Berlin, Kgl. preuss. geolog. Landesanstalt. 0 fr. 40.

Hoff (J.-H. van't). — Untersuchungen üb. die Bildung der ozeanischen Salzablagerungen. LI. (Extr. des *Sitzungsber. d. preuss. Akad. d. Wiss.*) In-8°, 12 p. Berlin, G. Reimer. 0 fr. 65.

Hoffmann (F.). — Eine neue Theorie üb. Erdbeden u. vulkanische Erscheinungen. In-8°, 31 p. Strasbourg, J. Singer. 0 fr. 65.

Huene (F. v.). — Die Dinosaurier der europäischen Triasformation m. Berücksicht. der aussereuropäischen Vorkommnisse. 1. Lfg. (*Geol. u. palæont. Abhandl.*) In-4°, p. 1-64 av. 47 fig. Atlas de 21 pl. Iéna, G. Fischer. 33 fr. 75.

Karte, geologische, v. Preussen u. benachbarten Bundesstaaten. 1 : 25.000. Hrsg. v. der königl. preuss. geolog. Landesanstalt u. Bergakademie. Mit Erläutergn. 119. u. 129. Lfg. In-8°. Berlin.

Keidel (H.). — Über den Bau der argentinischen Anden. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss.* In-8°, 26 p. av. 1 fig. Vienne, A. Hölder. 1 fr.

Koch (G.-A.). — Über einige der ältesten u. jüngsten artesischen Bohrungen im Tertiärbecken v. Wien. In-8°, 60 p. Vienne, Schworella u. Heick. 2 fr.

Koehne (W.). — Geologische Geschichte der Fränkischen Alb. In-8°, 42 p. av. 28 fig. et une carte géol. Münich, Piloty u. Loehle. 2 fr. 50.

Kobell's (F. v.) Tafeln zur Bestimmung der Mineralien mittelst einfacher chemischer Versuche auf trockenem u. nassem

Weg. 15. neu bearb. u. verm. Aufl. v. *K. Oebbeke*. In-8°, xx
123 p. München, J. Lindauer. 3 fr. 15.

Koken (E.). — Ueber Hybodus. (*Geol. u. palæont. Abhandl.*) In
viii-18 p. av. 5 fig. et 4 pl. Iéna, G. Fischer. 7 fr. 50.

Lehmann (O.). — Die scheinbar lebenden Kristalle. Anleit
zur Demonstration ihrer Eigenschaften sowie ihrer Be
hungen zu anderen flüss. u. zu den festen Kristallen in F
e. Dreigesprächs. v-68 p. av. 109 fig. Essingen, J.-J. Schreil
2 fr. 75.

Lethæa geognostica. Handbuch der Erdgeschichte m. Abbild
der f. die Formationen bezeichnendsten Versteinergn. H
v. e. Vereinigg. v. Geologen unter der Red. v. *F. Frech*. II.
Das Mesozoicum. 3. Bd. Kreide. 1. Abtlg. Unterkreide (Pala
cretacicum). Von *W. Kilian*. 1. Lfg.: Allgemeines üb. Pala
cretacicum; Unterkreide im südöstl. Frankreich, Einleitu
In-8°, 168 p. av. 7 fig. et 2 cartes. Stuttgart, E. Schweizerb
30 fr.

Mainka (C.). — Kurze Uebersicht üb. die modernen Erdbed
Instrumente u. einige Winke f. die Konstruktion solcl
(Extr. de *Der Mechaniker*.) In-8°, 32 p. av. 38 fig. Berlin-Ni
lassee, Administration der Fachzeitschrift « Der Mechanike
2 fr. 50.

Martini u. Chemnitz. — Conchylien-Cabinet. 519.-521. Lfg. N
remberg, Bauer u. Raspe. Chaque livraison 11 fr. 25.

Nathorst (A.-G.). — Über Trias- u. Jurapflanzen v. der Insel Kotel
(Extr. des *Mém. de l'Acad. imp. des sciences de St-Pétersbou*
In-4°, 13 p. av. 2 pl. St-Pétersbourg. 1 fr. 50.

—— Über die Anwendung v. Kollodiumabdrücken bei der Unt
suchung fossiler Pflanzen. (Extr. des *Arkiv f. botanik*.) In-
8 p. av. 1 pl. Upsal. 1 fr. 25.

—— Über abweichend gebildete Blätter der Rotbuche (Fa
silvatica L.). (*K. svenska vetenskapsakad. handl.*) In-4°, 14 p.
3 pl. Upsal. 2 fr. 50.

—— Paläobotanische Mitteilungen 1 u. 2. (*K. svenska vete
kapsakad. handl.*) In-4°, 20 p. av. 3 pl. 3 fr. 15.

Naumann (C.-F.). — Elemente der Mineralogie. 15., neu bearb.
ergänzte Aufl. v. *F. Zirkel*. In-8°, xi-821 p. av. 1113 fig. Leip
W. Engelmann. 17 fr. 50.

Olfers (E.-W.-M. v.). — Die « Ur-Insekten ». Thysanura
Collembola im Bernstein. (Extr. des *Schriften d. physikali
ökonom. Gesellsch.*) In-8°, 40 p. av. 25 pl. Königsberg, W. Ko
9 fr. 40.

Počta (P.). — Neues üb. Graptolithen. (Extr. des *Sitzungsber. d. böhm. Gesellsch. d. Wiss.*) In-8°, 9 p. av. 1 pl. Prague, F. Řivnáč. 0 fr. 50.

Potonié (H.). — Die Entstehung der Steinkohle u. verwandter Bildungen einschliesslich des Petroleums. 4. verb. u. erweit. Aufl. In-8°, 47 p. av. fig. Berlin, Gebr. Borntraeger. 5 fr.

—— Abbildungen u. Beschreibungen fossiler Pflanzen-Reste der palaeozoischen u. mesozoischen Formationen. Hrsg. v. der kön. preuss. geol. Landesanstalt. Lief. V. In-8°. Berlin, Kgl. preuss. geol. Landesanstalt. 4 fr. 40.

Potonié (H.) u. W. Gothan. — Vegetationsbilder der Jetzt- u. Vorzeit. Nach Originalen v. *H. Wolff-Maage*. 3 Taf. Esslingen, J.-F. Schreiber. Chaque planche 5 fr. 65. Texte explicatif in-8°, 6 p. av. fig. 0 fr. 40.

Reyer (E.). — Geologische Prinzipienfragen. In-8°, x-202 p. av. 254 fig. Leipzig, W. Engelmann. 5 fr. 50.

Sammlungen des geologischen Reichs-Museums in Leiden. I. Beiträge zur Geologie Ost-Asiens u. Australiens. Mit Unterstützg. des niederländ. Ministeriums der Colonien hrsg. v. *K. Martin*. VIII. Bd. 3. u. 4. Heft. In-8°, p. 145-252 av. 9 pl. Leyde, E.-J. Brill. 12 fr. 50.

Sauer (A.). — Mineralkunde als Einführung in die Lehre vom Stoff der Erdrinde. Ein Abriss der reinen u. angewandten Mineralogie. In-4°, 230 p. av. 5 pl. et 26 pl. color. Stuttgart, Franckh. 15 fr. 25.

Schmalz (K.). — Pleurotomaria Hiraseï, Pilsbry. Eine Varietät v. Pleurotomaria Beyrichi, Hilgendorf. (Extr. des *Novæ symbolæ Joachimicæ.*) In-8°, 5 p. av. 3 pl. Halle, Buchh. des Waisenhauses. 1 fr. 25.

Schmidt (F.). — Revision der ostbaltischen silurischen Trilobiten. Abth. VI. (Schluss.) Allgemeine Übersicht m. Nachträgen u. Verbessergn. (Extr. des *Mém. de l'Acad. imp. des sciences de St-Pétersbourg.*) In-4°, xv-105 p. av. 18 fig. et 3 pl. St-Pétersbourg. 7 fr. 50.

Schmidt (M.). — Über Glazialbildungen auf Blatt Freudenstadt. (*Mitteil. d. geol. Abteil. der k. württ. stat. Landesamtes.*) Mit vielfachen Beiträgen v. *K. Rau*. In-8°, 41 p. av. 4 fig. et 1 pl. Stuttgart, C. Grüninger. 0 fr. 65.

—— Labyrinthodontenreste aus dem Hauptkonglomerat v. Altensteig im würtembergischen Schwarzwald. (Même recueil.) In-8°, 10 p. av. 1 pl. Stuttgart, C. Grüninger. 0 fr. 40.

—— Das Wellengebirge der Gegend v. Freudenstadt. (Même

recueil.) In-8°, 99 p. av. 8 fig. et 2 pl. Stuttgart, C. Grüninger. 1 fr. 90.

SCHUSTER (K.). — Petrographische Ergebnisse der brasilianischen Expedition 1901 der kais. Akademie der Wissenschaften. (Mit e. geolog. Einleitg. von *F. v. Kerner* u. Bemerkgn. üb. die Kristallinen Schiefer v. *F. Becke.*) (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss.* In-8°, 93 p. av. une carte. Vienne, A. Hölder. 3 fr. 40.

SEITZ (A.-L.-L.). — Vergleichende Studien üb. den mikroskopischen Knochenbau fossiler u. rezenter Reptilien u. dessen Bedeutung f. das Wachstum u. Umbildung des Knochengewebes im allgemeinen. (*Nova Acta Acad. Cæs. Leop. Carol. germ. nat. curios.*) In-4°, 142 p. av. 14 pl. Halle. 18 fr. 75.

Spezialkarte, geologische, des Grossherzogt. Baden, hrsg. v. d. grossherzogt. bad. geol. Landesanstalt. 1 : 25.000. Blatt 46 u. 52. Mit Erläutergn. In-8°, 51 et 26 p. Heidelberg, C. Winter. Chaque feuille 2 fr. 50.

Spezialkarte, geologische, des Königr. Sachsen. 1 : 25.000. Hrsg., vom königl. Finanzministerium. Bearb. unter Leitg. v. *H. Credner.* F. 97. — 10e Sect. Leipzig, W. Engelmann. Chaque feuille 2 fr. 50 ; avec texte explicatif 3 fr. 75.

Spezialkarte, geologische, des Königr. Würtemberg. Hsrg. vom königl. württ. statist. Landesamt. 1 : 25.000. F. 91 et 104. Mit Erläutergn. In-8°, 162 p. av. fig. Stuttgart, H. Lindemann. 3 fr. 75.

SPITALER (R.). — Die Achsenschwankungen der Erde als Ursache geotektonischer Vorgänge. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss.*) In-8°, 36 p. av. 4 fig. et 2 pl. Vienne, A. Hölder. 2 fr.

STEINMANN (G.). — Einführung in die Paläontologie. 2., verm. u. neubearb. Aufl. In-8°, XII-542 p. av. 902 fig. Leipzig, W. Engelmann. 17 fr. 50.

TORNQUIST (A.). — Vorläufige Mitteilung üb. Algäu-Vorarlberger Flyschzone. (Extr. des *Sitzungsber. d. preuss. Akad. d. Wiss.*) In-8°, 9 p. Berlin, G. Reimer. 0 fr. 65.

UHLIG (V.). — Über die Tektonik der Karpathen. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss.*) In-8°, 112 p. av. 1 fig., 1 pl. et 1 carte. Vienne, A. Hölder.

WAAGEN (L.). — Die Lamellibranchiaten der Pachycardientuffe der Seiser Alm, nebst vergleichend paläontologischen u. phylogenetischen Studien. (*Abhandl. der k. k. geol. Reichsanstalt.*) In-fol., VII-180 p. av. 10 pl. Vienne, R. Lechner. 37 fr. 50.

WEBER (M.). — Einführung in die Krystalloptik. In-8°, 17 p. av. 35 fig. Münich, J. Lindauer. 1 fr.

Wegner (R.-N.). — Ueber die tertiären Säugetiere Oberschlesiens. (Extr. de *Kohle u. Erz.*) In-8°, 20 p. av. fig. Kattowitz, G. Siwinna. 1 fr. 25.

Weinschenk (E.). — Grundzüge der Gesteinskunde. II. Tl. Spezielle Gesteinskunde m. besond. Berücksicht. der geolog. Verhältnisse. 2., umgearb. Aufl. In-8°, x-362 p. avec 186 fig. et 6 pl. Freiburg i/B., Herder. 12 fr.

Wiman (C.). — Über die Fauna des westbaltischen Leptaenakalks. Extr. des *Arkiv f. zoologi.*) In-8°, 20 p. av. 2 pl. Upsal. 2 fr. 25.

4° *Mécanique appliquée et Machines.*

Brand (J.). — Technische Untersuchungsmethoden zur Betriebskontrolle, insbesondere zur Kontrolle des Dampfbetriebes. 2., verm. u. verb. Aufl. In-8°, xii-411 p. av. 301 fig. et 2 pl. Berlin, J. Springer. 10 fr.

Diederich (P.). — Hebemaschinen. (*Uhland's Handb. f. den prakt. Maschinen-Konstrukteur.*) In-8°, iii p. et p. 127-230 av. 186 fig. Berlin, W. u. G. Loewenthal. 9 fr. 40.

Föppl (A.). — Vorlesungen üb. technische Mechanik. (In 6 Bdn.) 5. Bd. : Die wichtigsten Lehren der höheren Elastizitätstheorie. In-8°, xii-391 p. av. 44 fig. Leipzig, B.-G. Teubner. 12 fr. 50.

Haeder (H.). — Gasmotoren. II. Tl. 5.-7. (Schl. Lfg. Duisburg. Chaque livraison 2 fr. 50.

—— Steuerungen der Dampfmaschinen. III. Bd. zu Dampfmaschinen, neueste Aufl. (Neue Aufl.) 2 Tle. In-8°, xii-408 p. av. fig. ; iv-33 p. av. fig. et 50 pl. Duisburg. 12 fr. 50.

Ihering (A.). — Die Gasmaschinen. Berechnung, Untersuchg. u. Ausführg. der m. gasförm. u. flüss. Brennstoffen betriebenen Explosions- u. Verbrennungskraftmaschinen. 1. Tl. Die Generatoren zur Gaserzeugg. Zugleich 3., völlig umgearb. Aufl. der deutschen Ausg. des Werkes « Die Gasmaschinen v. *G. Chauveau* ». In-8°, xii-416 p. av. 133 fig. Leipzig, W. Engelmann. 20 fr.

Preger (E.). — Die Werkzeugmaschinen. (*Bibl. der gesamt. Technik.* In-8°, 203 p. av. 235 fig. Hanovre, M. Jänecke. 3 fr. 50.

Reinhardt (K.). — Die Verwendung v. Grossgasmaschinen in deutschen Hütten- u. Zechenbetrieben. Vortrag. (Extr. de *Stahl u. Eisen.*) In-8°, 50 p. av. fig. et 12 pl. Düsseldorf, A. Bagel. 4 fr. 40.

Roch (P.). — Die Pumpen u. Feuerspritzen. Eine kurzgefasste Darstellg. der f. die Wasserförderg. gebräuchl. Maschinen.

(Extr. de *Mohr*, *Wasserförderg.*, 7. Aufl.) In-8°, IV-102 p. av. 186 fig. Leipzig, B.-F. Voigt. 3 fr. 75.

SCHIEL (J.). — Die Erzeugung u. Verwendung des überhitzten Dampfes. In-8°, IV-125 p. av. 102 fig. et 2 pl. Vienne, Spielhagen u. Schurich. 6 fr. 25.

SCHMIDT (K.). — Die Turbinen zur Ausnutzung v. Wasserkräften. In-8°, VI-86 p. av. 40 fig. et 19 pl. Leipzig, J.-M. Gebhardt. 5 fr.

SCHMIDT (M.). — Heissdampf-Maschinenanlagen, ihre Wirtschaftlichkeit u. Wartung. Nebst e. Anh. : Kosten der Dampf- u. Gaskraft. Aus der Praxis f. die Praxis. In-8°, 107 p. avec fig. et pl. Berlin, Polytechn. Buchh. A. Seydel. 5 fr.

SPIELMANN (F.). — Verbrennungskraftmaschinen u. Generatoren. In-8°, VIII-176 p. av. 169 fig. Leipzig, J.-J. Weber. 7 fr. 50.

THOMANN (R.). — Die Wasserturbinen, ihre Berechnung u. Konstruktion. In-8°, XIV-334 p. av. 307 fig. et 44 pl. Stuttgart, K. Wittwer. 31 fr. 25.

TOLDT (F.). — Regenerativ-Gasöfen. Wissenschaftliche Grundsätze f. die Anlage u. Berechng. solcher Öfen. 3. Aufl., bearb. u. erweitert v. *F. Wilcke*. In-8°, VIII-430 p. av. 32 fig. et 9 pl. Leipzig, A. Felix. 22 fr. 50.

UHLAND (W.-H.). — Dampfkessel. 1. Tl. Flammrohr-Dampfkessel. Bearb. v. *F. Wilcke*. In-8°, VIII-40 p. av. 24 fig., 12 pl. et 8 tabl. par *E. Graf*. Leipzig, Uhland's techn. Verlag. 3 fr.

WEITZEL (K.-G.). — Schule d. Maschinentechnikers. 3. Bearbeitg. 45.-50. Heft. Leipzig, M. Schäfer. Chaque fascicule, 0 fr. 65.

WETTICH (H.). — Hebezeuge. (*Grundriss des Maschinenbaues.*) In-8°, X-325 p. av. 335 fig. et 20 tabl. Hanovre. M. Jänecke. 11 fr.

5° *Applications industrielles de la physique et de la chimie. — Métallurgie.*

ARNOLD (E.). — Die Gleichstrommaschine. Ihre Theorie, Untersuchg., Konstruktion, Berechng. u. Arbeitsweise. 2. (Schluss-) Bd. Konstruktion, Berechng. u. Arbeistsweise. 2., vollständig umgearb. Aufl. In-8°, XV-601 p. av. 502 fig. et 13 pl. Berlin, J. Springer. 25 fr.

BAMINO (L.). — Das Natriumsuperoxyd. In-8°, VII-72 p. av. 6 fig. Vienne, A. Hartleben. 2 fr. 50.

BRISKER (C.). — Einführung in das Studium der Eisenhüttenkunde. Eine zusammenfass. Darstellg. der Grundlagen des Eisenhüttenwesens. In-8°, VIII-172 p. av. 99 fig. Leipzig, A. Felix. 4 fr. 50.

BRUNSWIG (H.). — Die Explosivstoffe, Einführung in die Chemie der explosiven Vorgänge. In-16, 158 p. av. 6 fig. Leipzig, G.-J. Göschen. 1 fr.

ERDMANN (E.). — Die Chemie der Kalisalze. (Extr. de *Deutschlands Kalibergbau.*) In-8°, 123 p. av. 8 fig. Berlin, Kgl. preuss. geolog. Landesanstalt. 5 fr.

FEUCHTINGER (R.). — Spreng- u. Zündmittelmagazine. (Sprengmittel-Verordnungen.) In-8°, VI-85 p. av. 9 pl. Vienne, Spielhagen u. Schurich. 4 fr. 50.

FILITZ (F.). — Praktischer Leitfaden f. Zinkhütten-Laboratorien. In-8°, VI-56 p. av. 5 fig. Kattowitz, Gebr. Böhm. 2 fr. 50.

GOERENS (P.). — Über die Vorgänge bei der Erstarrung u. Umwandlung v. Eisenkohlenstofflegierungen u. deren Beobachtung auf metallographischem Wege. In-8°, 46 p. av. 56 fig. Halle, W. Knapp. 5 fr.

GÖTTSCHE (G.). — Die Kältemaschinen. Gemeinverständliche Bearbeitg. der Eis- u. Kühlmaschinen u. ihrer Anlagen f. Besitzer v. Kühlanlagen, Techniker, Industrielle u. Praktiker. 3. verb. u. verm. Aufl. In-8°, 340 p. av. 197 fig. et 89 tabl. Hamburg, J. Kriebel. 5 fr. 65.

GRAETZ (L.). — Die Elektrizität u. ihre Anwendungen. 13. u. 14. Aufl. In-8°, XVI-666 p. av. 590 fig. Stuttgart, J. Engelhorn. 10 fr.

HERZOG (S.). — Elektromechanische Anwendungen. In-8°, XII-415 p. av. 700 fig. Leipzig, J.-A. Barth. 25 fr.

JÜPTNER (H. v.). — Lehrbuch der chemischen Technologie der Energien. III. Bd. : Die chem. Technologie der strahl. u. der elektr. Energie. In-8°, v-393 p. av. 203 fig. Vienne, F. Deuticke. 12 fr. 50.

KAUFFMANN (H.). — Die Auxochrome. (Extr. de *Sammlg. chem. u. chemisch-techn. Vortr.*) In-8°, 112 p. Stuttgart, F. Enke. 4 fr. 50.

KRAUSE (R.). — Messungen an elektrischen Maschinen. Apparate, Instrumente, Methoden, Schaltgn. 2., verb. u. verm. Aufl. In-8°, XII-193 p. av. 178 fig. Berlin, J. Springer. 6 fr. 25.

LEDEBUR (A.). — Leitfaden f. Eisenhütten-Laboratorien. 7. neu bearb. Aufl. In-8°, XI-130 p. av. 24 fig. Braunschweig, F. Wieweg u. Sohn. 4 fr. 40.

MEYER (H.). — Lehrbuch der allgemeinen mechanischen Technologie der Metalle. (*Grundriss d. Maschinenbaues*, 11. Bd.) In-8°, VII-193 p. av. 262 fig. Hanovre, M. Jänecke. 7 fr. 50.

MEYER (T.). — Das Tangential-Kammersystem f. Schwefelsäure-Fabrikation. 2., neu bearb. Aufl. In-8°, 51 p. av. 9 fig. Halle, W. Knapp. 1 fr. 90.

Müller (J.-J.-C.). — Lehrbuch der Elektrotechnik. Mit besond. Berücksicht. der elektr. Anlagen auf Schiffen. 2. verb. u. verm. Aufl. In-8°. xi-442 p. av. 425 fig. Braunschweig, F. Vieweg u. Sohn. 8 fr.

Orthey (M.). — Die Eisenhüttenchemie. In-8°, x-258 p. av. 36 fig. Halle, W. Knapp. 10 fr

Ost (H.). — Lehrbuch der chemischen Technologie. 6. umgearb. Aufl. In-8°. viii-735 p. av. 278 fig. et 10 pl. Hanovre. M. Jänecke. 18 fr. 75.

Passow (H.). — Die Hochofenschlacke in der Zementindustrie. In-8°. v-72 p. av. fig.. 3 pl. et 1 tabl. Würzburg, A. Stuber. 7 fr. 50.

Paxmann (H.). — Wirtschaftliche. rechtliche u. statistische Verhältnisse der Kaliindustrie. (Extr. de *Deutschlands Kalibergbau.*) In-8°, 230 p. Berlin, Kgl. preuss. geolog. Landesanstalt. 11 fr. 25.

Pohl (H.). — Die Montage elektrischer Licht- u. Kraftanlagen. Ein Taschenbuch f. Ingenieure, Elektromonteure, Installateure u. Besitzer elektr. Anlagen. 2, neubearb. u. erweit. Aufl. (*Bibl. d. gesamt. Technik.*) In-8°, x-167 p. Hanovre. M. Jänecke. 2 fr. 75.

Ruer (R.). — Metallographie in elementarer Darstellung. In-8°, vii-312 p. av. 127 fig. et 5 pl. Hamburg, L. Voss. 12 fr. 50.

Schulz (E.). — Die Krankheiten elektrischer Maschinen. Kurze Darstellg. der Störgn. u. Fehler an Dynamomaschinen, Motoren u. Transformatoren f. Gleichstrom. ein- u. mehrphas. Wechselstrom f. den prakt. Gebrauch der Installateure. 2., verb. Aufl. (*Bibl. d. gesamt. Technik.*) In-8°, 88 p. av. 42 fig. Hanovre, M. Jänecke. 1 fr. 75.

Thomälen (A.). — Kurzes Lehrbuch der Elektrotechnik. 3., verb. Aufl. In-8°. viii-525 p. av. 338 fig. Berlin, J. Springer. 15 fr.

Wedding (H.). — Ausführliches Handbuch der Eisenhüttenkunde. Gewinnung u. Verarbeitg. des Eisens in theoret. u. prakt. Beziehg. unter besond. Berücksicht. der deutschen Verhältnisse. 2. vollkommen umgearb. Aufl. v. des Verf. Bearbeitg. v. « *John Percy's* Metallurgy of iron and steel ». (In 4 Bdn.) IV. Bd. Die Gewinng. des Eisens aus den Erzen. (Fortsetzung.) 1. Lfg. 2. Buch : Die Rennarbeiten.) In-8°. p. 1-196 av. fig. et pl. Braunschweig, F. Vieweg u. Sohn. 10 fr.

Weickert (F.). — Prüfung elektrischer Maschinen u. Transformatoren. (*Bibl. d. gesamt. Technik.*) In-8°, 119 p. av. 64 fig. Hanovre, M. Jänecke. 2 fr. 25.

Wietz (H.) u. C. Erfurth. — Hilfsbuch f. Elektropraktiker. Neu

bearb. v. W. *Fuhrmann* u. *C. Erfurth*. 6. verm. u. verb. Aufl. 2 Tle. In-8°. xii-208 p. av. 232 fig.; viii-321 p. av. 252 fig. et 1 carte. Leipzig, Hachmeister u. Thal. Chaque partie 3 fr. 15.

6° Exploitation des mines. — Gîtes minéraux.

Belegschaft, die, der Bergwerke u. Salinen im Oberbergamtsbez. Halle nach der Zählung vom 28. X. 1905, zusammengestellt vom königl. Oberbergamt zu Halle a. S. In-8°, ix-345 p. Halle, W. Knapp. 15 fr.

Bergpolizei-Verordnung betr. die Bekämpfung der Kohlenstaubgefahr in den Steinkohlen-Bergwerken des Verwaltungsbezirks des königl. Oberbergamts zu Breslau vom 1. VII. 1907. Amtliche Ausg. In-8°. 8 p. Breslau, W.-G. Korn. 0 fr. 15.

Gewerkschaft, die Mansfeld'sche kupferschieferbauende, zu Eisleben. Festschrift zum X. deutschen Bergmannstage, 10-12. IX, 1907. In-8°, iii-215 p. av. fig., 3 pl. et 3 cartes color. Eisleben, Kuhnt. 15 fr.

Karte der nutzbaren Lagerstätten Deutschlands. Gruppe: Preussen u. benachbarte Bundesstaaten. Leitung: F. Beyschlag. 1. Abtlg. Rheinland u. Westfalten. 1. Lfg. 1 : 200.000. Bearb. durch *H. Everding*. Hrsg. v. der kgl. preuss. geolog. Landesanstalt. Berlin, Kgl. preuss. geolog. Landesanstalt. 20 fr. 65.

Krusch P. . — Die Untersuchung u. Bewertung v. Erzlagerstätten. In-8°. xx-517 p. av. 102 fig. Stuttgart, F. Enke. 20 fr.

Langer (K. . — Die Feuersicherheit in Kohlenbergwerken. (*Bibl. d. gesamt. Technik.* In-8°, 111 p. Hanovre, M. Jänecke. 2 fr. 50.

Loewe (L.). — Die bergmännische Gewinnung der Kalisalze. (Extr. de *Deutschlands Kalibergbau.*) In-8°. 145 p. av. 36 fig. Berlin. Kgl. preuss. geolog. Landesanstalt. 8 fr. 75.

Macco (A.). — Die Aussichten des Bergbaues in Deutsch-Südwestafrika. In-8°. viii-79 p. av. 2 cartes color. Berlin, D. Reimer. 2 fr. 50.

Mitteilungen üb. den niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbau. (Extr. de la *Berg- u. hüttenmänn. Rundschau.*) In-8°, 19 p. av. 3 fig. et 1 pl. Kattowitz, Gebr. Böhm. 1 fr. 50.

Posewitz T. . — Petroleum u. Asphalt in Ungarn. Übertragung des Verf. aus dem ungar. Original. (*Mitteil. aus dem Jahrb. d. kön. ungar. geolog. Anstalt.*) In-8°. iii p. et p. 235-465 av. fig. et cartes. Budapest, F. Kilian's Nachf. 7 fr. 50.

Redlich (K.-A.). — Der Eisensteinbergbau des Umgebung v. Payerbach-Reichenau (Niederösterreich). Extr. du *Berg- u.*

hüttenm. Jahrb.) In-8°, 30 p. av. 2 pl. Leoben, L. Nüssler. 2 fr. 50.

RYBA (G.). — Die Abbaumethoden des Leobener Braunkohlenrevieres. (Extr. de la *Berg- u. hüttenmänn. Rundschau.*) In-8°, 89 p. av. fig. et 9 pl. Kattowitz, Gebr. Böhm. 1 fr. 25.

SCHORRIG (E.). — Die Verwendung v. Druckluftbohrmaschinen unter besond. Berücksicht. ihrer modernsten Typen. (X. allgem. deutsch. Bergmannstag, Eisenach 1907.) In-8°, 28 p. av. fig. Freiberg, Craz u. Gerlach. 2 fr. 50.

SELBACH (K.). — Illustriertes Handlexikon des Bergwesens. In-8°, VIII-720 p. av. 1237 fig. Leipzig, C. Scholtze. 33 fr. 75.

Statistik des böhmischen Braunkohlenverkehrs im J. 1906. 38. Jahrg. Hrsg. v. der Direktion der Aussig-Teplitzer-Eisenbahn-Gesellschaft. In-8°, LXVIII-105 p. av. 3 pl. color. Teplitz-Schönau, A. Becker. 2 fr. 50.

STICHT (R.). — Stand der Betriebe der Mount Lyell Mining and Railway Company Ltd. am Schlusse des J. 1905. (Extr. de la *Metallurgie, Ztschr. f. d. ges. Hüttenkde.*) In-8°, 56 p. av. 13 fig. Halle, W. Knapp. 4 fr. 50.

TRAUTMANN (F.). — Übersichtskarte der Steinkohlen-Bergwerke im rheinisch-westfälischen Industriebezirk. Grubenfelder-Karte.) Auf Grund amtl. Materials gezeichnet. 1 : 80.000. 2 Bl. Mit Beilage : Verzeichnis der Steinkohlenbergwerke im rheinisch-westfäl. Industriebezirk, nebst Angabe des Eigentümers, des Direktors, der Bergreviere, Eisenbahnstationen, Kohlensorten, der Produktion u. der Zahl der Belegschaft. In-8°, 43 p. Dortmund, Koeppen. 7 fr. 50.

TREPTOW (E.). — Grundzüge der Bergbaukunde einschliesslich Aufbereitung und Brikettieren. 4., verm. u. vollständig umgearb. Aufl. In-8°, X-598 p. av. 814 fig. Vienne, Spielhagen u. Schurich. 15 fr.

WILCZEK (E.). — Beiträge zur Geschichte des Berg- u. Hüttenbetriebes im Unterharz unter spezieller Berücksicht. des « Rammelsberger Bergbaues » u. der « Frau Marien-Saigerhütte » zu Oker im Harz. (Extr. de la *Berg- u. hüttenmänn. Rundschau.*) In-8°, 14 p. av. 1 pl. Kattowitz, Gebr. Böhm. 1 fr.

7° Construction. — Chemins de fer.

BIRK (A.). — Die Praxis des Bau- u. Erhaltungsdienstes der Eisenbahnen. 2. Heft : Unterbau. (*Der Bahnmeister*, Bd. II, 2. Heft.) In-8°, IX-200 p. av. 122 fig. Halle, W. Knapp. 8 fr. 75.

BRAGSTAD (O.-S.). — Konstruktionen u. Schaltungen aus dem Gebiete der elektrischen Bahnen. Gesammelt u. bearb. In-8°, 52 p. et Atlas in-4° de 31 pl. Berlin, J. Springer. 7 fr. 50.

BROMOWICZ (J.). — Anregungen zu Selbstkostenberechnungen im Betriebe stehender Eisenbahnen u. Grundlage f. die Bildung der Eisenbahn-Tarife nebst Kontrolle der Betriebsausgaben. In-8°, 88 p. Vienne, Spielhagen u. Schurich. 3 fr. 75.

ERTEL (A.). — Handbuch f. den Bau u. die Instandhaltung der Oberleitungsanlagen elektrischer Bahnen. (*Bibl. d. gesamt. Technik.*) In-8°, VI-336 p. av. 294 fig. et 2 pl. Hanovre, M. Jänecke. 5 fr. 25.

GOLLMER (E.). — Die Blocksicherungs-Einrichtungen auf den preussichen Staatsbahnen. 2. Aufl. In-8°, 48 p. av. 40 fig. Berlin, Administration der Fachzeitschrift « Der Mechaniker ». 3 fr.

SCHMIDT (W.). — Die Anwendung v. Heissdampf im Lokomotivbetriebe nach dem System v. Wilh. Schmidt. In-4°, 40 p. av. fig. et 5 pl. Cassel, E. Röttger. 2 fr. 50.

8° *Objets divers.*

BADE (C.) u. K.-F. PFAU. — Der betriebstechnische Kalkulator. Ein Handbuch der Kalkulation in Giessereien u. Maschinenbetrieben. Mit den Text ergänz. Schemata. In-8°, 111 p. Leipzig, K.-F. Pfau. 15 fr.

Deutschland's Kalibergbau. Festschrift zum X. allgemeinen Bergmannstage in Eisenach. In-8°, III-VI-183, 123; IV-145 et 230 p. av. fig., 12 pl., 7 cartes et profils. Berlin, Königl. geolog. Landesanstalt. 25 fr.

FREISE (F.). — Geschichte der Bergbau- u. Hüttentechnik. 1. Bd. : Das Altertum. In-8°, VIII-187 p. av. 87 fig. Berlin, J. Springer. 7 fr. 50.

RZEHULKA (A.). — Die Tone u. ihre Verwendung f. den Hüttenbetrieb. (Extr. de la *Berg- u. hüttenmänn. Rundschau.*) Kattowitz, Gebr. Böhm. In-8°, 48 p. 1 fr. 25.

SCHÖN (F.). — Die Schule des Werkzeugmachers u. das Härten des Stahles. 2., umgearb. u. erweit. Aufl. (*Bibl. d. gesamt. Technik.*) In-8°, 138 p. av. 29 fig. 2 fr. 40.

STIER (T.). — Der Lehrling im eisen- u. metalltechnischen Praktikum. Methodisches Lehrbuch f. die Werkstatt-Ausbildg. in sämtl. Zweigen der Eisen- u. Metallbranche verf. nach 45 jähr. Praxis. (*Bibl. d. gesamt. Technik.*) In-8°, 202 p. av. 109 fig. et 6 pl. Hanovre, M. Jänecke. 3 fr. 25.

Verfahren zur Prüfung v. Metallen u. Legierungen, v. hydraulischen Bindemitteln, v. Holz, v. Ton-, Steinzeug- u. Zementröhren. Empfohlen v. dem in Brüssel vom 3. bis 6. IX. 1906 abgeh. IV. Kongress des internationalen Verbandes f. die Materialprüfgn. der Technik. In-8°, 47 p. av. fig. Vienne, F. Deuticke. 1 fr. 25.

OUVRAGES SUISSES.

FREY (O.). — Talbildung u. glaziale Ablagerungen zwischen Emme u. Reuss. (Extr. des *Neue Denkschr. d. allg. schweiz. Gesellsch. f. d. ges. Naturw.*) In-8°, VI-185 p. av. 3 pl. et 2 cartes. Zürich. 15 fr.

MÖHRING (A.). — Die Simplonbahn. Eine verkehrswirtschaftl. Studie. (Extr. de la *Ztschr. f. schweiz. Statistik.*) In-8°, XII-206 p. av. 1 carte. Berne, Stämpfli u. Co. 4 fr. 10.

ROLLIER (L.). — Geologische Bibliographie der Schweiz f. das XIX. Jahrh. (1770-1900). 1 Tl. A (Allgemeine Geologie u. Geognosie der Schweiz) bis K 11 (Stratigraphie der Molasse). (*Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, 29. Lfg.) In-4°, XLVIII-541 p. Berne, A. Francke. 20 fr.

SCHMIDT (C.) u. PREISWERK (H.). — Geologische Beschreibung der Lepontinischen Alpen. 1. Tl. Die Grünschiefer in Jura u Trias des Simplongebietes v. *H. Preiswerk.* (*Beitr. z. geol. Karte der Schweiz*, 26. Lfg.) In-8°, XVII-42 p. av. fig. Berne, A. Francke. 2 fr.

Tonlager, die schweizerischen. Hrsg. v. der schweiz. geotechn. Kommission. I. Geologischer Tl. Mit 1 Tonkarte u. 355 Karten- u. Profilclichés im Text. Bearb. v. *E. Letsch.* II. Technologischer Tl. Mit 13 Fig. im Text, 23 Tab., 4 Taf. u. 2 Farbentaf. Bearb. v. *B. Zschokke.* Mit e. Beilage üb. die feuerfesten Tone u. die Industrie feuerfester Produkte der Schweiz. Mit 5 Fig. im Text. Von *B. Zschokke* u. *L. Rollier.* III. Volkswirtschaftlicher Tl. Mit 10 Fig. im Text. Von *R. Moser.* (*Beitr. z. Geologie der Schweiz.* In-4°. x-433-197-50 p. Berne. A. Francke. 40 fr.

OUVRAGES ITALIENS.

1° *Mathématiques et Mécanique pures.*

BACHELET (Cr.). — Alcune considerazioni sulla trattazione della meccanica indipendentemente dal postulato V di Euclide. I. Turin, Grafica ed. politecnica. In-8°, 15 p. av. planche. (4570)

—— Problemi e teoremi di geometria euclidea. I. Turin, Grafica ed. politecnica. In-8°, 11 p. av. planche. (4571)

BANDINI (S.). — Sui momenti quadratici di un sistema magnetico di punti. Padoue, tip. Prosperini. In-8°, 32 p. (4572)

CAROSI (E.). — Sviluppo di funzioni in serie doppie trigonometriche. Foligno, tip. G. Campi. In-8°, 79 p. (4573)

CORNACCHIA (G.). — Sulla congruenza $x^n - y^n \equiv z^n$ mod. p. Tempio, tip. G. Tortu. In-8°, 18 p. (4575)

—— Su di un metodo per la risoluzione in numeri interi dell'equazione $\sum_{h=0}^{n} C_h x^{n-h} . y^h = P$. Faenza, tip. G. Montanari. In-4°, 15 p. (6897)

DORIA (G.-A.). — Studio sulle funzioni intere simplici. Bologne, tip. P. Cuppini succ. Cenerelli. In-8°, 30 p. (4576)

GLEIJESES (M.). — Equazione della superficie dei centri di galleggiamento di un cilindro qualunque per inclinazioni intorno ad assi paralleli alle generatrici. Naples, tip. A. Trani. In-8°, 15 p. av. fig. (3975)

—— Su di una proprietà involutoria dei metacentri. Naples, tip. A. Trani. In-8°, 2 p. av. fig. 0 fr. 25. (3976)

PAGLIERO (G.). — Applicationes de calculo infinitesimale. Turin, G.-B. Paravia e C. In-8°, 244 p. av. fig. 7 fr. (6284)

RICCIARDI (L.). — L'unità delle energie cosmiche. Turin, G.-B. Paravia e C. In-8°, 55 p. 2 fr. (3980)

SERENA (R.). — Una dimostrazione elementare d'una nota proprietà geometrica. Padoue. Soc. cooperativa tipografica. In-8°, 4 p. av. fig. (5183)

SITTIGNANI (M.). — Sulle funzioni intere di genere finito : nota. Bologne. N. Zanichelli. In-8°, 8 p. (6286)

TASSO (B.). — Sulle serie e funzioni analitiche e sugli integrali definiti atti a rappresentare funzioni analitiche. Bologne, Coop. tip. Azzoguidi. In-8°, 88 p. (5184)

2° *Physique et Chimie.*

ANGELI (A.). — Sopra alcuni composti ossigenati dell'azoto : ricerche sperimentali. Florence, tip. Galileiana. In-8°, 62 p. (3965)

BETTI (M.). — Costituzionechimica e potere rotatorio. II (Sull'influenza della funzionechimica dei gruppi sostituenti) : nota. Florence, tip. G. Ramella e C. In-8°, 8 p. (3970)

CATTANI (G.). — Sulla elettrizzazione dei dielettrici solidi amorfi per compressione. Brisighella, tip. E. Servadei. In-8°, 8 p. (6895)

FOURNIER D'ALBE (E.-E.). — La nuova teoria dell'elettricità : gli elettroni. Prefazione di *G. Johnstone Stoney*. Turin, fr. Bocca. In-8°, XXIII-332 p. 4 fr. (6282)

GALILEI GALILEO. — Le opere. Edizione nazionale sotto gli auspici di Sua Maestà il Re d'Italia. Volume III, parte II, e vol. XIX. Florence, tip. Barbèra, di Alfani e Venturi. In-4° av. fig. 2 vol., p. 401-886; 670 p. (3974)

INVALDI (G.). — Il calore specifico assoluto della materia ponderale. Turin, Grafica ed. politecnica. In-8°, 416 p. (5793)

NASINI (R.). — La chimica fisica; il suo passato, quello ch'è e quello che si propone. Padoue, A. Draghi. In-8°, 90 p. (6900)

Relazione della Commissione per lo studio delle questioni relative alle unità elettriche ed alla verificazione dei misuratori di energia elettrica (Ministero d'agricoltura, industria e commercio). Rome, tip. Nazionale, di G. Bertero e C. In-8°, 68 p. (5866)

VALOBRA (G.). — Chimica analitica qualitativa: lezioni. Turin, lit. F. Gili. In-8°, 128 p. (6994)

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

CACCIAMALI (G.-B.). — L'anfiteatro morenico sebino : lettura fatta all'Ateneo di Brescia. Brescia, tip. F. Apollonio. In-8°, 50 p. (6280)

FALQUI (G.). — Su alcune piante fossili del miocene inferiore (oligocene) di Zuri (Sardegna). Cagliari-Sassari, tip. G. Montorsi. In-8°, 20 p. (6898)

GENOVINO (G.). — Sulla relazione fra la figura della terra e la sua densità. Gênes, tip. della Gioventù. In-8°, 7 p. (6283)

Guida del r. Istituto geologico di Bologna. Bologne, tip. G. Zambonelli. In-16, 93-XVI p. (3977)

RICCIARDI (L.). — Il vulcanismo nella mitologia e nella scienza: conferenza. Naples, F. Perella. In-8°, 25 p. 1 fr. (3979)

ROTTA (P.). — Alcune note e rilievi di geognosia (parte della geologia), in occasione di scavi ambrosiani. Milan, ditta G. Agnelli. In-16, 7 p. (6902)

STEFANO (P. DI). — Studio geognostico-chimico-agrario del territorio di Poggiomarino. Potenza, tip. La Perseveranza. In-8°, 86 p. (6407)

VINASSA DE REGNY (P.). — Il terreno : geologia agraria. Milan, F. Vallardi. In-16, XII-244 p. av. fig. 2 fr. 50. (5336)

4° Mécanique appliquée et Machines.

CAMPA (P.). — Blocco motore per la propulsione di navi, veicoli e mobili in genere, ovvero nuovo propulsore centrifugo o pompa centrifuga o turbina centrifuga a vapore per la propulsione di navi, veicoli, ecc. : invenzione brevettata. Rome, Officina poligrafica italiana. In-4°, 34 p. av. fig. (6966)

CAPPA (S.). — Corso di idraulica pratica. Turin, C. Pasta. In-8°, XXIV-1055 p. av. fig. et 3 pl. 32 fr. (4032)

CEI (L.). — Le caldaie a vapore, con istruzioni ai conduttori. Seconda edizione. Milan, U. Hoepli. In-16, XVI-394 p. av. fig. (6335)

CICALI (G.). — Sulle trasmissioni a grandi rapporti di velocità. Trasmissione limite a tensione e frizione combinata. Turin, Unione tipografico-editrice. In-8°, 13 p. av. fig. 1 fr. 50. (4644)

CONTALDI (P.). — Elementi di meccanica. Vol. III (Le macchine). Fermo, stab. tip. Cooperativo. In-8°, 592 p. (4647)

—— La meccanica nella scuola e nell'industria. Vol. I (Meccanica generale; meccanica applicata). Seconda edizione riveduta ed ampliata. Milan, U. Hoepli. In-8°, XV-711 p. av. fig. 16 fr. (6338)

DINARO (S.). — Il montatore di macchine. Seconda edizione interamente rifatta ed ampliata. Appendice : progetto di una nuova scuola per operai. Milan, U. Hoepli. In-16, XVI-502 p. av. fig. (6971)

GARIBALDI (R.). — Un problema di meccanica idraulica : pompa automatica a livello constante. Rome, tip. La Speranza. In-8°, 10 p. av. fig. et planche. (4651)

GARUFFA (E.). — Meccanica industriale : tecnologia delle industrie meccaniche. Vol. V, parte II. Milan, U. Hoepli. In-8°, XI-496 p. av. fig. 14 fr. (5238)

MALAVASI (C.). — Vademecum per l'ingegnere costruttore-meccanico. Milan, U. Hoepli. In-16, XVIII-555 p. (5857)

MORIONDO (E.). — Le turbine a vapore : teoria, calcoli di massima, elementi costruttivi. Turin, Soc. tip. ed. Nazionale. In-8° 208 p. av. fig. 8 fr. (5860

PERELLI (G.). — I materiali per la costruzione delle caldaie a vapore : lettura all'XI congresso degli ingegneri ed architetti italiani, Milano 1906. Milan, tip. Capriolo e Massimino. In-8° 16 p. (6986

SINIGAGLIA (F.). — Principi sul bilanciamento dei motori, con applicazioni. Naples, L.-C. Pellerano. In-8°, XI-71 p. av. fig 3 fr. 50. (3983

5° *Applications industrielles de la physique et de la chimie. — Métallurgie.*

LOMBARDI (L.). — Lezioni di elettrotecnica. Vol. I (Produzione dell'energia elettrica). Vol. II (Trasformazione, distribuzione ed utilizzazione dell'energia elettrica). Naples, tip. F. Giannini e figli. In-8°, XV-555 p.; XVII-566 p. Chaque volume 18 fr. (4041-6977).

MARIA (A. DE). — Nozioni di elettrotecnica : fondamenti scientifici dell'ellettrotecnica ; generazione della corrente elettrica; trasmissione, distribuzione e applicazioni dell'energia elettrica. Turin, S. Lattes e C. In-8°, XVIII-834 p. av. fig. 18 fr. (4657)

MARRO (A.). — Impianti elettrici a correnti alternate, semplici, bifasi e trifasi : manuale pratico per lo studio, costruzione ed esercizio di essi. Seconda edizione riveduta e notevolmente ampliata. Milan, U. Hoepli. In-16, 774 p. av. fig. (4044)

RAGNO (S.). — La tecnologia delle saldature autogene dei metalli. Milan, U. Hoepli. In-16, 129 p. av. fig. (4663)

ROTTA (P.). — Nozioni varie di metallurgia. Milan, tip. istituto Marchiondi. In-16, 4 p. (6992)

TARUGI (N.) e G. D'ALONZO. — Contributo allo studio del bleu di Prussia : nota. Seconda parte. Pise, tip. F. Mariotti. In-8°, 41 p. (4580)

6° *Exploitation des mines. — Gites minéraux.*

DEMARCHI (L.). — Elenco delle principali cave di pozzolana dei circondari di Roma e di Velletri : allegato alla nota preventiva della Commissione per il tema, Prescrizioni normali per la

fornitura, le prove e l'uso delle pozzolane. Rome, tip. Nazionale, di G. Bertero e C. In-8°, 19 p. av. planche. (5834

Galdi (B.). — Notizie sui giacimenti di lignite dell'Iglesiente (Ministero di agricoltura, industria e commercio). Rome, tip. Nazionale, di G. Bertero e C. In-8°, 55 p. av. fig. et 6 pl. 1 fr. 50. (6974)

Miniera (La) di lignite e le cave di pietra da calce e cemento di Murlo : notizie, relazioni ed analisi. Sienne, tip. C. Nava. In-8°, 24 p. av. 2 pl. (5927

Rivista del servizio minerario nel 1906 (Ministero di agricoltura, industria e commercio). Rome, tip. Nazionale, di G. Bertero e C. In-8°, 18-cxcvi-496 p. av. 4 pl. 5 fr. (7078

Verri (A.). — Sui grandi giacimenti delle pozzolane di Roma. Rome, tip. del Genio civile. In-8°, 13 p. av. fig. (5246)

Zavadsky (A.). — Description géognostique du gisement de pyrolusite dans le domaine de Sulitzko-Limanskoye (Nicopol, Gouvernement d'Ekaterinoslaw, Russie). Turin, impr. J.-F. Cassone succ. J. Candeletti. In-8°, x p. (6289)

7° Construction. — Chemins de fer.

Benetti (J.). — Introduzione al rendiconto del Congresso di Roma, maggio-giugno 1907 : un po' di storia della Association internationale pour l'essai des matériaux, e della Associazione italiana per gli studi sui materiali da costruzione. Bologne, stab. poligrafico Emiliano. In-8°, 43 p. (5853

Campiglio (A.). — La trazione elettrica sulle ferrovie : III^a memoria (Unione italiana delle ferrovie d'interesse locale e di tramvie). Milan, tip. L. Zanaboni e Gabuzzi, di L. Gabuzzi. In-8°, 30 p. (4642

Canovetti (C.). — Il traforo dello Spluga. Florence, Società tip. fiorentina. In-8°, 48 p. (6334

Costruzione ed esercizio delle strade ferrate e delle tramvie : norme pratiche dettate da una eletta di ingegneri specialisti. Disp. 223-225. Turin, Unione tipografico-editrice. In-4°, 84 p. av. 13 pl. (6334-6970

Ferretti (A.). — Ferrovia elettrica Alseno-Lugagnano-Bardi : relazione tecnica e finanziaria. Parme, tip. A. Zerbini. In-4°, 23 p. av. planche. (6973)

Médail (L.) e F. Rossati. — Nuovo sistema automatico per la sicurezza dei treni in marcia. Venise, tip. F. Garzia e C. In-8°, 26 p. av. planche. (5859)

MONTÙ (C.). -- Gli accopiatori automatici per veicoli ferroviari all'Esposizione di Milano. Turin-Rome, Società tip. ed. Nazionale. In-8°, 48 p. av. fig. (4046)

PIPIA (U.). -- Il trasporto ferroviario nella scienza e nella pratica. Fasc. 8-13 (fine). Milan, Società editrice libraria. In-8°, 337-568-XXXI p. 1 fr. le fascicule. (6224)

SPERA (G.). — L'esercizio ferroviario in Italia nei suoi rapporti con l'economia del paese e la scienza dei trasporti : conferenza tenuta al Collegio degli ingegneri di Milano. Rome, tip. coop. Sociale. In-8°. 167 p. 5 fr. (5244)

8° *Législation. — Économie politique et sociale.*

Disposizioni di legge e regolamento per l'esercizio e per la sorveglianza delle caldaie e dei recipienti di vapore (Ministero di agricoltura, industria e commercio). Rome, tip. Nazionale, di G. Bertero e C. In-8°. 29 p. (7040)

Trasmissione a distanza dell'energia per mezzo di correnti elettriche : legge 7 giugno 1894, n° 232, e r. decreto 25 ottobre 1894, n° 642. Milan, Soc. editrice libraria. In-16, 10 p. 0 fr. 10. (6352)

9° *Objets divers.*

Annuario dell'industria mineraria, metallurgica e chimica italiana, edito dalla *Rassegna mineraria*. Anno I. Turin, tip. G.-U. Cassone succ. G. Candeletti. In-16, 526 p. (5898)

CAMERANA (E.). - - L'industrie des hydrocarbures en Italie : communication présentée au III° Congrès international du pétrole à Bucarest (Ministère de l'agriculture, de l'industrie et du commerce : direction générale de l'agriculture). Rome, impr. Nationale de J. Bertero et C. In-8°, 45 p. av. fig. et 5 pl. 0 fr. 50. (7029)

COLOMBO (G.). — Manuale dell'ingegnere civile e industriale. 24ª edizione. Milan, U. Hoepli. In-16. XI-458 p. (6337)

LISTE DES ÉCHANGES AUTORISÉS

ENTRE LES ANNALES DES MINES ET LES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

Les *Annales des Mines* ont été adressées, à titre d'échange, en 1907, aux Sociétés et publications dont les noms suivent

1. — The Journal of the Franklin Institute. *Philadelphie.*
2. — The American Journal of science and arts. *New-Haven.*
3. — American philosophical Society. *Philadelphie.*
4. — Royal Society of London. *Londres.*
5. — The quarterly Journal of the Geological Society. *Londres.*
6. — Institution of civil Engineers. *Londres.*
7. — Royal Irish Academy. *Dublin.*
8. — Societa Toscana di Scienze naturali. *Pise.*
9. — L'Industria. Rivista tecnica ed economica illustrata. *Milan.*
10. — Société de physique et d'histoire naturelle de Genève.
11. — Société géologique de France. *Paris.*
12. — Journal de mathématiques pures et appliquées. *Paris.*
13. — Annales de Chimie et de Physique. *Paris.*
14. — Soc. d'encouragement pour l'industrie nationale. *Paris.*
15. — Journal de Pharmacie et de Chimie. *Paris.*
16. — Kaiserlich-Königliche Geologische Reichsanstalt. *Vienne.*
17. — Revue générale de Chimie pure et appliquée. *Paris.*
18. — The Colliery Guardian and Journal of the Coal and Iron Trades. *Londres.*
19. — Royal Society of Edinburgh. *Édimbourg.*
20. — Société de l'industrie minérale. *Saint-Étienne.*
21. — Smithsonian Institution. *Washington.*
22. — Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft. *Berlin.*
23. — ....
24. — Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins. *Vienne.*
25. — Sociedad cientifica Argentina. *Buenos-Ayres.*
26. — Zeitschrift für Architektur- und Ingenieurwesen. *Hanovre.*
27. — Geological Survey of India. *Calcutta.*
28. — Berg- und Hüttenmännische Zeitung. *Leipzig.*
29. — Société industrielle de Mulhouse.
30. — Société Chimique de France. *Paris.*

31. — Il Politecnico. Giornale dell' Ingegnere, Architetto civile ed industriale. *Milan*.
32. — Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. *Berlin*.
33. — Société des Ingénieurs civils. *Paris*.
34. — Bureau Central Météorologique de France. *Paris*.
35. — Boston Society of Natural History. *Boston*.
36. — Société linnéenne de Normandie. *Caen*.
37. — Comité géologique de la Russie. *St-Pétersbourg*.
38. — Bulletin of the Geological Institution of the University of Upsala. *Upsal*.
39. — Königliche Ungarische geologische Anstalt. *Buda-Pest*.
40. — The Journal of the Iron and Steel Institute. *Londres*.
41. — The Engineering and Mining Journal. *New-York*.
42. — North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers. *Newcastle-upon-Tyne*.
43. — Literary and Philosophical Society of Manchester.
44. — Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch der K. K. montanistischen Hochschulen zu Leoben und Przibram. *Vienne*.
45. — Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen. *Vienne*.
46. — Revue universelle des Mines et de la Métallurgie. *Liège*.
47. — American Institute of Mining Engineers. *New-York*.
48. — Reale Accademia dei Lincei. *Rome*.
49. — American chemical Society. *New-York*.
50. — Academy of natural Sciences of Philadelphia.
51. — Comision del Mapa geologico de España. *Madrid*.
52. — Mémorial de l'Artillerie navale. *Paris*.
53. — Bureau of the Mint (Treasury Department). *Washington*.
54. — L'Électricien, Revue internationale de l'électricité et de ses applications. *Paris*.
55. — Giornale del Genio civile. *Rome*.
56. — Le Génie civil. *Paris*.
57. — Revista minera, metalurgica y de ingenieiria. *Madrid*.
58. — Annales de la Société géologique de Belgique. *Liège*.
59. — United States geological Survey. *Washington*.
60. — Institut royal géologique de Suède. *Stockholm*.
61. — Field Columbian Museum. *Chicago*.
62. — Revue de la Législation des mines. *Paris*.
63. — Direction des travaux géologiques du Portugal. *Lisbonne*.
64. — Bulletin du Laboratoire d'Essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines du Conservatoire National des Arts et Métiers. *Paris*.

65. — K. K. NATURHISTORISCHER HOFMUSEUM. *Vienne.*
66. — COLLEGE OF SCIENCE, Imperial University of Tokyo, Japan. *Tokyo.*
67. — KAIS. LEOPOLDINISCH-CAROLINISCHE DEUTSCHE AKADEMIE DER NATURFORSCHER. *Halle-sur-Saale.*
68. — Annales de la FACULTÉ DES SCIENCES DE TOULOUSE.
69. — NEW-YORK ACADEMY OF SCIENCES. *New-York.*
70. — INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS. *Londres.*
71. — Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. *Berne.*
72. — DEPARTMENT OF MINES OF NEW SOUTH WALES. *Sydney.*
73. — L'Ingegneria ferroviaria. *Rome.*
74. — The SCHOOL OF MINES Quarterly. *New-York.*
75. — GEOLOGICAL AND NATURAL HISTORY SURVEY OF CANADA. *Ottawa.*
76. — La Réforme sociale. *Paris.*
77. — SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS. *Paris.*
78. — Bulletin of the GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA. *Rochester (N.-Y.).*
79. — COMMISSION INTERNATIONALE DU CONGRÈS DES CHEMINS DE FER. *Bruxelles.*
80. — ASSOCIATION AMICALE DES ÉLÈVES DE L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES MINES. *Paris.*
81. — Zeitschrift für praktische Geologie. *Berlin.*
82. — The Journal of Geology, UNIVERSITY OF CHICAGO.
83. — Bulletin of the Department of Geology, UNIVERSITY OF CALIFORNIA. *Berkeley.*
84. — Bulletin de l'ASSOCIATION DES INGÉNIEURS-ÉLECTRICIENS sortis de l'Institut électro-technique Montefiore. *Liège.*
85. — SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE, DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE. *Bruxelles.*
6. — ....
87. — AMERICAN MUSEUM OF NATURAL HISTORY. *New-York.*
8. — AUSTRALASIAN INSTITUTE OF MINING ENGINEERS. *Melbourne.*
89. — Bulletin technologique de la SOCIÉTÉ DES ANCIENS ÉLÈVES DES ECOLES NATIONALES D'ARTS ET MÉTIERS. *Paris.*
. — Mémorial du Génie Maritime. *Paris.*
1. — ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA. *Milan.*
2. — Journal de Chimie physique. *Genève.*
3. — Bulletin of the BUREAU OF STANDARDS. *Washington.*
94. — Stahl und Eisen, Zeitschrift für das deutsche Eisenhüttenwesen. *Düsseldorf.*
95. — Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen. *Munich.*

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME DOUZIÈME.

EXPLOITATION DES MINES. — GÎTES MINÉRAUX.

BULLETIN.

Législation étrangère.

BIBLIOGRAPHIE.

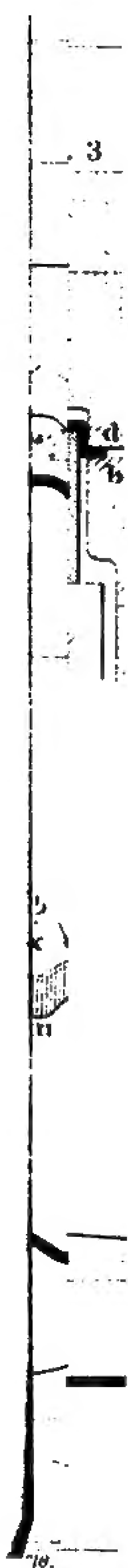
Deuxième semestre de 1907.

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME DOUZIÈME.

Pl. I. — Industrie du fer dans le nord des Ardennes françaises.
Pl. II à V. — La catastrophe de Courrières.
Pl. VI et VII. — Emploi de la cimentation pour le fonçage du puits n° 3ter des mines de Liévin.
Pl. VIII à X. — Accidents d'appareils à vapeur survenus pendant l'année 1906.
Pl. XI. — Mesures contre les poussières dans les mines anglaises.

Tours. — Imprimerie Deslis Frères.


3
d
b
n



